इस्पात का उत्पादन

हिन्दी-समिति-ग्रन्थमाला——३९

इस्पात का उत्पादन

लेखक

डा० दयास्वरूप

प्रधानाचार्य, खनन तथा धातुविज्ञान महाविद्यालय,
काशी हिन्दू विश्वविद्यालय

तथा

श्री धर्मेन्द्रकुमार काँकरिया

रीडर, धातुविज्ञान, हि० वि० वि०, काशी

प्रकाशन शाखा, सूचना विभाग
उत्तर प्रदेश

प्रकाशकीय

अपनी उपयोगिता और सुलभता के कारण लोहे का प्रयोग ससार के प्राय सभी देशो मे प्राचीन काल से होता रहा है और आज तो प्राय. लोह तथा इस्पात के उत्पादन से ही किसी देश की शक्ति और समृद्धि का पता चलता है। आधुनिक सभ्यता और विकास-वैभव की इमारत ही मानो लोह तथा इस्पात के प्रचुर प्रयोग पर आधारित है। विज्ञान की उन्नति के कारण अन्यान्य धातुओ के साथ इसका मेल करना भी सभव हो सका है, अतः धातुमेलों के रूप मे भी इसकी उपयोगिता एव प्रचार बढता जा रहा है। हमारा देश अभी तक इस्पात के उत्पादन की दृष्टि से बहुत पिछडा हुआ था, किंतु इधर हाल मे इस्पात के जो तीन और बड़े कारखाने, भिलाई, रूरकेला तथा दुर्गापुर मे स्थापित किये गये है, उनसे इस मामले मे हमारे शीघ्र ही आत्म-निर्भर होने की आशा की जा सकती है। इस पृष्ठभूमि मे हमारे इस प्रकाशन की उपयोगिता और महत्त्व स्वत ही स्पष्ट है।

प्रस्तुत पुस्तक हिन्दी समिति ग्रन्थमाला का ३९वाँ पुष्प है। इसके लेखक डा० दयास्वरूप तथा श्री धर्मेन्द्रकुमार कॉकरिया है। डा० दयास्वरूप काशी हिन्दू विश्वविद्यालय मे खनन एव धातुविज्ञान महाविद्यालय के प्रधानाचार्य है। पिछले ३०-३२ वर्षो से आप इस विषय का अध्ययन करते रहे है तथा इस सिलसिले मे आप अमेरिका, यूरोप, आस्ट्रेलिया आदि का भ्रमण कर चुके है। आपने "एलीमेंट्स आफ मेटलर्जी" नामक एक पुस्तक अंग्रेजी मे लिखी है जो इस विषय का प्रारम्भिक ज्ञान प्राप्त कराने की दृष्टि से सर्वोत्तम सिद्ध हुई है। हिन्दी मे आपने "धातुविज्ञान" नामक पुस्तक लिखी है, जिस पर हिन्दी समिति, उत्तर प्रदेश सरकार की ओर से एक हजार रुपये का पुरस्कार दिया गया है तथा काशी नागरी प्रचारिणी सभा द्वारा यह पुस्तक

पुरस्कृत हुई है। आपकी एक और पुस्तक "औद्योगिक ईंधन" भी उत्तर प्रदेश सरकार द्वारा पुरस्कृत है। यह आपने अपने दो अन्य मित्रो के साथ मिलकर लिखी थी। आशा है, आपकी यह नवीन कृति भी हिन्दी मे इस विषय के साहित्य की पूर्त्ति मे अपना सम्यक् अशदान करने मे सफल होगी।

श्री धर्मेन्द्रकुमार भी हिन्दू विश्वविद्यालय मे ही धातुविज्ञान के रीडर है। आप बर्मा शेल स्कालरशिप प्राप्त कर इस समय शेफील्ड विश्वविद्यालय मे लौह धातुकी मे शोध कार्य कर रहे है।

भगवतीशरण सिंह
सचिव, हिन्दी समिति

विषय-सूची

चित्र-सूची

(तारकांकित चित्र पृथक कागज पर छपे है)

चित्र १—धातुओं के विभिन्न उपयोग (पृ० १)

अध्याय १

लोह और इस्पात

वर्तमान समय मे हमारे अस्तित्व और विकास के लिए धातुओं का क्या महत्त्व है, इससे सभी सुपरिचित है। किसी भी ओर दृष्टि डालिए, धातुओं या उनके द्वारा उत्पादित वस्तुओं का स्पष्ट प्राधान्य दिखाई पडता है। अनाज और कपडे से लेकर सुख और समृद्धि के सभी प्रसाधनो का उत्पादन और कार्यक्षमता धातुओ पर ही अवलंबित है। विभिन्न प्रकार के यन्त्र, कल और कारखाने, विशालकाय पुल, द्रुतगामी वायुयान, हमारी सुपरिचित साईकिल, मोटर और रेलगाड़ी, विद्युत् का प्रकाश, रेडियो की मधुर ध्वनि, ज्ञान-विज्ञान की बातें प्रसारित करनेवाली पुस्तकें और समाचार-पत्र; सभी अलग-अलग धातुओ के बहुमुखी गुणो और उपयोगो के कारण संभव हो सके है (चित्र १)। आप जीवन के किसी भी पहलू पर विचार करे, सर्वत्र धातुओं को ही आधारभूत पायेंगे।

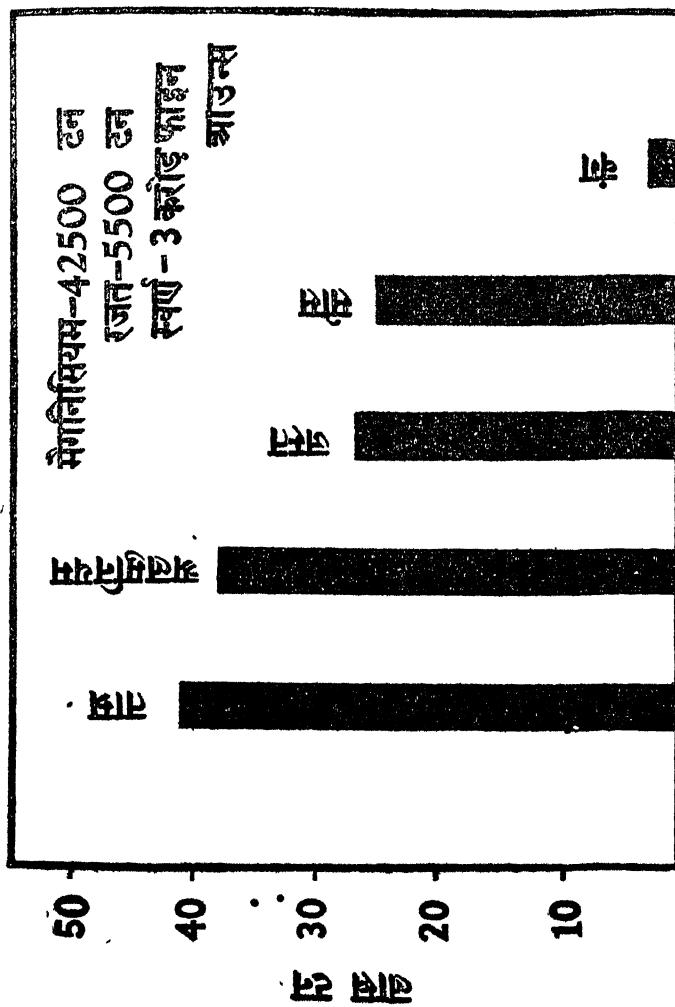
शान्तिकालीन रचनात्मक कार्यो के लिए विभिन्न धातुओं का बहुत महत्त्व है। अधिक अन्न उपजाने और कपडा बनाने के लिए ट्रैक्टर, नलकूप और मिलें अनेक प्रकार के धातु-अवयवों का उपयोग करती है। अच्छे मकान, सड़कें, व्यवस्थित और साफ-सुथरे गॉव एव शहर धातुओ के बिना असभव है। युद्ध के समय, देश की सुरक्षा और विजय के लिए धातुएँ जल, थल और वायु सेना की शक्ति है। यही कारण है कि विश्व मे सभी देश उपयोगी धातुओं की उत्पादन-वृद्धि के लिए प्रयत्नशील रहते है। किसी भी देश की शक्ति और समृद्धि का सकेत उस देश मे उत्पादित धातुओ से, विशेषत. लोह और इस्पात के उत्पादन से, मिलता है।

लोह और इस्पात की प्रधानता

हमारे व्यवहार मे जो असंख्य वस्तुएँ आती है, वे प्रधानत ९२ तत्त्वो के मेल और प्रक्रिया से बनती है। तत्त्वो का उनकी परमाणवीय सख्या और गुणो के आधार पर वर्गीकरण किया गया है, जिसे **आवर्त सारणी** (दे० सारणी–१) कहा जाता है। इस सारणी मे देखने पर विदित होगा कि कुल तत्त्वो मे दो तिहाई से अधिक धातुएँ है। इनमे से कुछ धातुओ से, जैसे लोह, ताम्र, सीस, वग, एल्यूमिनियम, मैगनीशियम, जस्त और निकेल से, हमारा अधिक सम्पर्क रहता है। सामान्यत ये आठ धातुएँ 'इन्जीनियरी धातुएँ' कहलाती है। और धातुओ मे पारद, टन्गस्टन, क्रोमियम, मैगनीज, मोलिब्डीनम, कैडमियम, बैरिलियम, एन्टीमनी, कोबाल्ट, टाइटेनियम, वेनेडियम और जिरकोनियम अधिक महत्त्वपूर्ण है। इन्हे सामान्य धातुओ के नाम से पुकारा जाता है। स्वर्ण, रजत, प्लेटिनम, रेडियम इत्यादि धातुएँ बहुमूल्य मानी जाती हैं। रासायनिक स्थिरता और निक्षेपो की विरलता इस बहुमूल्यता के प्रधान कारण है। इसी लिए धन और समृद्धि के द्योतक रूप मे इन धातुओ का सग्रह किया जाता है।

सभी प्रकार की धातुओ का कुल वार्षिक-विश्व उत्पादन लगभग ३५ करोड टन है, जिसमे केवल लोह और इस्पात का उत्पादन ३० करोड टन से अधिक है (चित्र २)। धातुओ के कुटुम्ब में लोह और इस्पात की धानता इससे स्पष्ट हो जाती है। विभिन्न धातुओ के उत्पादन (चित्र ३), गुणो और उपयोगों को ध्यान में रखकर यदि एक पुस्तक लिखी जाय तो उसमे दो सौ पृष्ठों मे लोह और इस्पात का और शेष पन्द्रह-बीस पृष्ठों मे अन्य सभी धातुओं का विवरण होगा। लोह और इस्पात के इस महत्त्व और प्रधानता के कई कारण हैं—

(१) **निक्षेपों की बहुलता और धातु की लघ्वन[1] सरलता**—अन्य

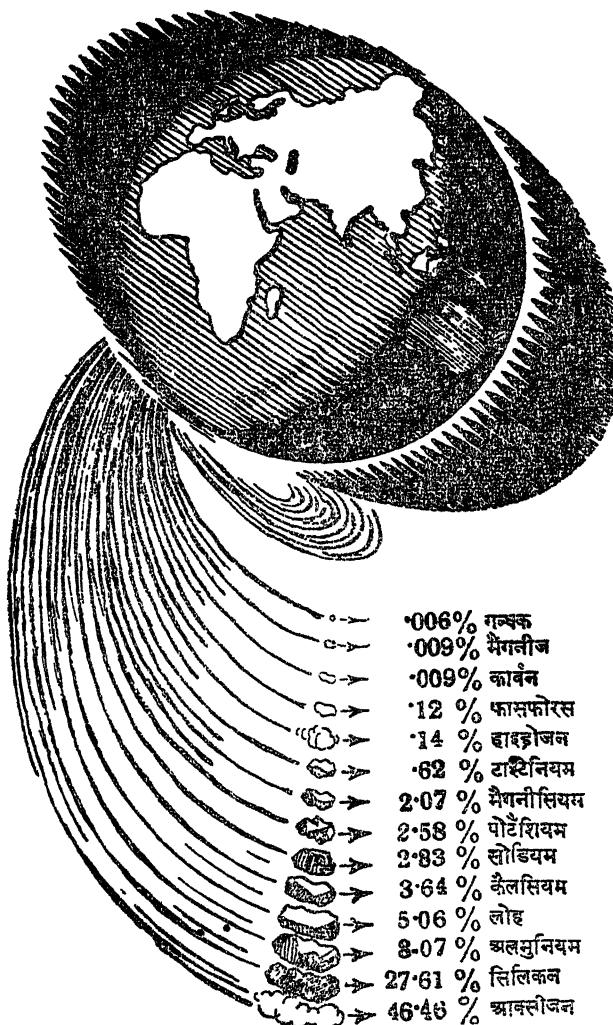
१. Reduection **अवकरण, अपक्षय**

चित्र ३—विभिन्न धातुओं का विश्व-उत्पादन

धातुओं की तुलना मे लोह धातु प्रकृति मे अधिक विपुलता से उपलब्ध है। लोह ओर[१] के विस्तृत निक्षेप लगभग सभी देशों में पाये गये है और धातु की लघ्वन सरलता के कारण अनेक शतियों पूर्व से मानव ने लोह और इस्पात का उपयोग सीख लिया था। चित्र ४ में पृथ्वी को पपड़ी का औसत विश्लेषण दिखाया गया है। धातु की लघ्वन सरलता के कारण एल्यूमिनियम की तुलना मे लोह अधिक लोकप्रिय हो सका। लघ्वन की कठिनाई के कारण एल्यूमिनियम का इतिहास एक शती से अधिक पुराना नही है और पुँजोत्पादन में भी यह धातु लोहे और इस्पात से बहुत पीछे है।

(२) **चुम्बकत्व**—यह लोहे और इस्पात का बहुत महत्त्वपूर्ण गुण है। समस्त विद्युतीय इन्जीनियरी लोह और इस्पात के चुम्बकत्व पर आधारित है। निकेल, कोबाल्ट और मैंगनीज धातुओ में भी चुम्बकत्व गुण है, परन्तु लोह और इस्पात में यह सर्वाधिक है।

(३) **कम मूल्य**—विस्तृत निक्षेप और लघ्वन सरलता के कारण इस धातु का उत्पादन-मूल्य कम होता है और अनेक प्रकार के उपयोगो के लिए लोह और इस्पात सरलता से उपलब्ध है। यही कारण है कि लोह और इस्पात का उपयोग प्रत्येक दिशा मे लोकप्रिय हो गया। यह ठीक ही कहा गया है कि हम प्राय: ऐसी किसी भी वस्तु का उपयोग नही करते जो लोह की न हो या लोह द्वारा उत्पादित न की गयी हो।

(४) **धातुमेलों की सुलभता और तापोपचार**—लोह अनेक प्रकार के मेलो की आधार-धातु है। कार्बन के साथ लोह धातु का मेल इस्पात के नाम से सर्वविदित है। इसी प्रकार क्रोमियम और निकेल के साथ मिलकर 'निष्कलक इस्पात'[२] बनता है। रासायनिक उद्योगो मे इसका अधिक उपयोग होता है। रसोई के बर्तनो के लिए यह मिश्र इस्पात इन

१. Iron ore (**लोह अयस्क**)
२. Stainless steel

चित्र ४—पृथ्वी की पपड़ी का विश्लेषण

दिनो बहुत लोकप्रिय हो गया है। टगस्टन, क्रोमियम, वेनेडियम के साथ मिला देने से द्रुत-गति इस्पात प्राप्त होता है जो बहुत कठोर होता है। धातुओं के यन्त्रण मे इसका बहुत उपयोग होता है। द्रुत गति पर यन्त्रण करते हुए रक्त-तप्त[१] (लाल गरम) होने पर भी इस इस्पात के बने औजारो की कठोरता में कोई अतर नही आता। इस प्रकार के अनेक धातुमेल उपयोग मे आ रहे है, जिनमे लोह आधार-धातु होता है। इनकी संख्या इस समय कई हजार है।

लोह-मेलो का तापोपचारित होकर विभिन्न गुण प्राप्त करना विशेष उल्लेखनीय है। लोह धातु मे विभिन्न तापमानो पर परमाणुओं की व्यवस्था मे परिवर्तन होते है। ये परिवर्तन भिन्न-भिन्न प्रकार के मेलो में उनके समुचित गुणो के विकास के लिए आवश्यक है। इन अपररूप[२] परिवर्तनो के अध्ययन और ज्ञान के लिए अनवरत गवेषणा की गयी है, जिसके फलस्वरूप अनेक उपयोगी और महत्त्वपूर्ण तथ्यों पर प्रकाश पडा है और नये मेल इस्पातो का प्रादुर्भाव हो सका है। भिन्न रासायनिक समासो[३] और तापोपचार विधियो की सहायता से कठोरतम और मृदु, लगभग प्रत्येक कार्य के उपयुक्त इस्पात उपलब्ध है। तापोपचार द्वारा गुणो मे परिवर्तन और परिवर्धन इस्पात के सर्वांगीण विकास का महत्त्वपूर्ण कारण है।

(५) **आकार देने की क्षमता**—लोह और इस्पात गलाकर उपयोगी आकार में ढाले जा सकते है। साथ ही पीटकर, ठोककर, बेलित कर अनेक प्रकार की वस्तुओ का उत्पादन किया जाता है। प्राय· सभी प्रकार की धातुकीय और यान्त्रिक क्रियाओ द्वारा लोह और इस्पात को विभिन्न आकार देना संभव है। इस गुण के कारण लोह और इस्पात की भिन्न-भिन्न आकारो की वस्तुएँ सरलता से उपलब्ध रहती है।

१. Red hot
२. Allotropic
३. Formula

इसके मुख्य दोष

उपर्युक्त गुणो के कारण लोह और इस्पात ने प्रमुख स्थान ले लिया है, जिसके ऊपर सभ्यता और विकास की अट्टालिका सधी है। परन्तु कुछ ऐसे दुर्गुण भी लोह और इस्पात मे विद्यमान है जिन पर विचार करना इस धातु के सतुलित अध्ययन के लिए आवश्यक है। दोष ये है—

(१) **जंग या मोर्चा लगना**—सामान्य लोहे और इस्पात मे नैसर्गिक विध्वंसको की क्रिया से मोर्चा लग जाता है और इस प्रकार प्रति वर्ष अनेक टन लोहे और इस्पात की क्षति होती है। इस प्रकार संक्षयित होना लोह और इस्पात के उपयोग मे बडा बाधक है और इससे होनेवाली हानि का अनुमान लगाना कठिन है। लोह और इस्पात को संक्षय से बचाने के लिए अनेक विधियाँ काम मे लायी जाती है। पेन्ट लगाकर या किसी अन्य धातु का आवरण चढाकर यह प्रयत्न किया जाता है कि लोह धातु सक्षायको के सम्पर्क मे न आये। अन्यथा मिश्र इस्पात का उत्पादन किया जाता है। निष्कलंक इस्पात इसका सुपरिचित उदाहरण है। इसमें उपस्थित क्रोमियम आक्साइड की एक पतली परत सदैव इस्पात की सतह पर विद्यमान रहती है और सक्षायको की प्रक्रिया को रोकती है।

(२) **आपेक्षिक गुरुत्व**—लोहे का आपेक्षिक गुरुत्व अधिक होने के कारण वायुयान और आवागमन के अन्य साधनो के उत्पादन मे एल्यूमिनियम, मैगनीशियम इत्यादि हलकी धातुओ का अधिक व्यवहार होता है। जहाँ भी कम भार की आवश्यकता होती है, लोह और इस्पात के स्थान मे अन्य हलके धातुमेल उपयोग में लाये जाते है।

(३) **विद्युत और ताप-चालकता**—रजत, ताम्र और एल्यूमिनियम की तुलना मे लोह की विद्युत् और ताप-चालकता बहुत कम है। सारणी सख्या २ मे विभिन्न धातुओं की विद्युत्-चालकता की तुलना की गयी है। इन आँकडो से स्पष्ट है कि विद्युत्-चालकों के उत्पादो मे ताम्र और एल्यूमिनियम का अधिक उपयोग होता है। रजत का मूल्य अधिक होने के कारण उसका उपयोग नही किया जाता।

सारणी संख्या २

धातुओं की विद्युत्-चालकता

धातु	विद्युत् चालकता
रजत	१०६
ताम्र	१००
स्वर्ण	७२
एल्यूमिनियम	६२
मैगनीशियम	३९
जस्ता	२९
निकल	२५
कैडमियम	२३
कोबाल्ट	१८
लोह	१७
प्लैटिनम	१६
वंग	१५
सीसा	८

(४) **चिनगारी देनेवाले औजार**—इस्पात के बने ओजार बहुत कठोर होते है, परन्तु उपयोग में उनसे चिनगारियाँ निकलती हैं। अत विस्फोटक पदार्थों के कारखानो में और गैसीय खदानों में इन चिनगारी देनेवाले औजारो का उपयोग नही किया जा सकता, अन्यथा भयंकर अग्निकांड होने का भय रहता है। ऐसे स्थानों मे ताम्र-बैरिलियम धातु-मेलों का उपयोग किया जाता है। इन औजारो से चिनगारियॉ नही निकलती।

लोह और इस्पात के गुणों और दोषो की विवेंचना करने से यह स्पष्ट है कि अधिकाश उपयोगों में यह सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण है। सुलभ उपलब्धि, प्रचुर वितरण, सरल लघ्वन और अन्य विशेष गुणों के संयोग ने लोह और इस्पात को प्रधान धातु बना दिया है।

अध्याय २

लोह् और इस्पातों का वर्गीकरण

लोह् धातु और उसके मेलो का अत्यधिक महत्त्व होने के कारण सभी देश इनका उत्पादन अधिकाधिक सीमा तक बढाने में प्रयत्नशील हैं। विश्व का कुल लोह् और इस्पात-उत्पादन सन् १८५० में केवल साठ हजार टन वार्षिक था, जो सन् १८७० मे बढ़कर ५ लाख टन हो गया। सन् १९०० मे यह् २ करोड़ ८० लाख टन हो गया और इस समय इसका वार्षिक विश्व-उत्पादन ३० करोड टन से भी अधिक है। भारत का सन् १९५५ का उत्पादन लगभग १५ लाख टन था। इसे सन् १९६१ तक ६० लाख टन तक कर देने की योजना बनायी गयी है। किसी भी देश की प्रगति के लिए लोह् और इस्पात उद्योग का समृद्ध होना आवश्यक है। इस्पात बाहर से मँगाकर उद्योगो को जीवित रखने का प्रयत्न राष्ट्र की शक्ति-हीनता का द्योतक हे।

लौहिक पदार्थ

जितनी धातुकीय वस्तुओ से हमारा काम पडता है, वे प्रधानत. दो वर्गों मे रखी जा सकती है। लोह् धातु या उस पर आधारित सभी मेल 'लौहिक' कहलाते है। अन्य सभी धातुएँ और मेल 'अलौहिक' कहलाते है। उदाहरण के लिए इस्पात, बोड, निष्कलक इस्पात लौहिक पदार्थ है और पीतल, जरमन सिलवर, टॉका इत्यादि अलौहिक पदार्थ है। लौहिक पदार्थो के विवरण में निम्नलिखित शब्द विशेप रूप से प्रयुक्त होते है, इन शब्दों का सही अर्थ विपय के स्पष्ट अध्ययन के लिए आवश्यक है —

कच्चा लोह

इसे 'पिग' लोह भी कहते है। लोह अयस्क[१] से इस्पात के उत्पादन का यह पहला चरण है। इसका उत्पादन वात-भ्राष्ट्र[२] से होता है और सपिडन मे गैसो के निष्कासन के कारण इसकी बनावट रन्ध्रमय होती है। इसमे कार्बन के अतिरिक्त और अनेक अशुद्धियाँ विद्यमान रहती है। इनके कारण गिरने पर यह लोह जल्दी टूट जाता है और इसी लिए कच्चा लोह कहलाता है। 'पिग लोह' शब्द की उत्पत्ति बडी हास्यास्पद है। कुछ शतियों पूर्व वात-भ्राष्ट्र से निकलती हुई गलित लोह की मोटी धारा को, उसके दोनो ओर रेत मे बनी छोटी नालियो मे सपिडित किया जाता था। उस पर से उपमा चल निकली, मानो शूकरी (पिग)[३] भूमि पर लेटकर बच्चो को स्तनपान करा रही हो। तभी से 'पिग लोह' शब्द चल निकला। वर्तमान समय मे वात-भ्राष्ट्र से निकले सभी अतिरिक्त लोह की ढलाई संवपन मशीन[४] द्वारा होती है, परन्तु फिर भी 'पिग लोह' शब्द ही व्यवहृत होता है। इस विषय पर हम आगे और विस्तार से विचार करेंगे।

बीड़

इसे 'कान्ति लोह' या 'ढलवाँ लोह' भी कहते है। साधारणत कच्चे लोह और बीड मे रासायनिक दृष्टि से कोई अन्तर नही होता। कच्चे लोह को चून पत्थर और कोक के साथ कुपला भट्ठी मे गलाया जाता है और फिर उपयुक्त आकार के मोल्डो मे ढाल दिया जाता है। पिग लोह की तुलना मे इस गलित धातु मे विलयित गैसो की कमी और मोल्डो से संपिडन के समय उनके निष्कासन की सुविधा के कारण ढलवाँ लोह के आकार रन्ध्रों से मुक्त रहते हैं। इनका मूल्य इस्पात से कम रहता है, इस कारण मशीनो

१. Ore　　२ Blast furnace

३. अंग्रेजी मे 'पिग' का अर्थ शूकर भी है।

४. Casting machine ढलाई मशीन

के वे सभी भाग, जिन्हे अचानक चोट लगने का डर नही रहता, बीड के बनाये जाते है। इस्पात की तुलना में बीड की अवमन्दन क्षमता[1] अच्छी होने के कारण मशीनो के आधार-पट्ट भी बीड के बनाये जाते है। बीड को गलाना और ढालना अपेक्षाकृत सरल है, परन्तु अशुद्धियो के कारण अचानक चोट लगने पर बीड के खंडित होने की संभावना रहती है।

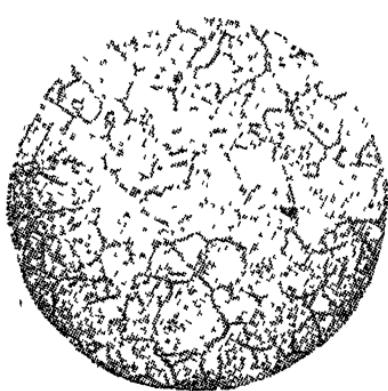
पिटवाँ लोह

इस्पात के उत्पादन मे उच्च तापमान की आवश्यकता होती है, जिससे धातु और मल गलित होकर अलग अलग हो जाते है। यदि तापमान कम हो तो लोह और मल का पृथक्करण पूर्ण नही होता। इस प्रकार का लोह भट्ठी से लेपी दशा मे प्राप्त होता है और पीटकर आकारित किया जाता है। पुराने समय मे जब ईधन और भट्ठी विज्ञान ने उन्नति नही की थी और इस्पात को गला देनेवाला तापमान पाना संभव नही था, तब पिटवाँ लोह बीड की तुलना मे अधिक अभजनशील और लचीला होने के कारण व्यवहार मे लोकप्रिय था। अब इसका उत्पादन नगण्य सा हो गया है, कारण कि अच्छे गुणोवाले अनेक किस्म के इस्पात अधिक सरलता और कम व्यय मे उत्पादित किये जा सकते हैं। चित्र ५ मे शुद्ध लोह, बीड़, पिटवाँ लोह और सामान्य कार्बन इस्पातो की सूक्ष्मदर्शी से स्पष्ट होनेवाली बनावट दिखायी गयी है। बीड की बनावट मे ग्रेफाइट की धारियाँ और पिटवाँ लोह की बनावट मे मल के रेशे स्पष्ट दिखाई पडते है।

इस्पात

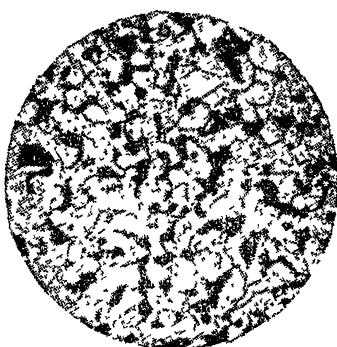
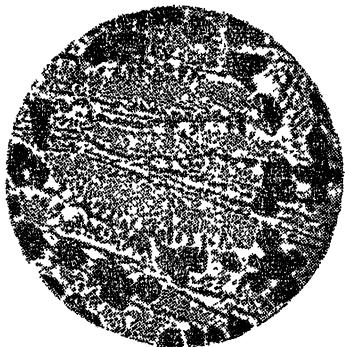
इसे फौलाद भी कहते है। स्पष्ट ही यह शब्द लोह की तुलना मे अधिक शक्ति और दृढता का प्रतीक है। प्रधानतः यह लोह और कार्बन का धातुमेल है। धातुमेल मे दो प्रतिशत कार्बन की मात्रा तक इस्पात कहा जाता है। इससे अधिक कार्बन की मात्रा होने पर अर्ध इस्पात और फिर

१. Damping capacity

बीड़ कहलाता है। इस्पात में कार्बन प्रधानतः लोह यौगिक के रूप मे और कुछ विलयन मे रहता है। इससे इस्पात को शक्ति, कठोरता और दृढता मिलती है। कार्बन की अत्यधिक मात्रा हो जाने पर या तो लोह कार्बन यौगिक की मात्रा बहुत बढ जाती है, अन्यथा ग्रेफाइट धारियो के रूप मे

चित्र ५ ए—शुद्ध लोह   चित्र ५ बी—पिटवाँ लोह

चित्र ५ सी—बीड   चित्र ५ डी—बीड निरेखित

मुक्त कार्बन निकल आता है। इस प्रकार धातुमेल भंजनशील हो जाता है। चित्र ५ एफ में काले भाग लोह और लोह-यौगिक (जिसे 'सीमेन्टाइट' कहते

है) के सम्मिश्रण है। इस्पात में कार्बन के अतिरिक्त अल्प मात्रा में सिलिकन, मैंगनीज, गंधक और फास्फोरस भी विद्यमान रहते हैं।

चित्र ५ ई—श्वेत बीड **चित्र ५ एफ—·४-५ प्रतिशत कार्बन इस्पात**

लोह और कार्बन के मेल से इस्पात की शक्ति और कठोरता में वृद्धि होती है। कार्बन की मात्रा को ध्यान में रखते हुए इस्पात के गुणो पर आधारित निम्नलिखित वर्गीकरण व्यवहार में लाया जाता है—

कम कार्बन इस्पात—इस वर्ग के इस्पातो मे कार्बन की मात्रा ० ४ प्रतिशत तक समझनी चाहिए। जंजीर, चद्दर, पुल इत्यादि मे व्यवहृत इस्पात इसी वर्ग के होते हैं। दृढता और शक्ति के साथ तन्यता[१] और घनवर्धनीयता का संयोग इनका विशेष गुण है।

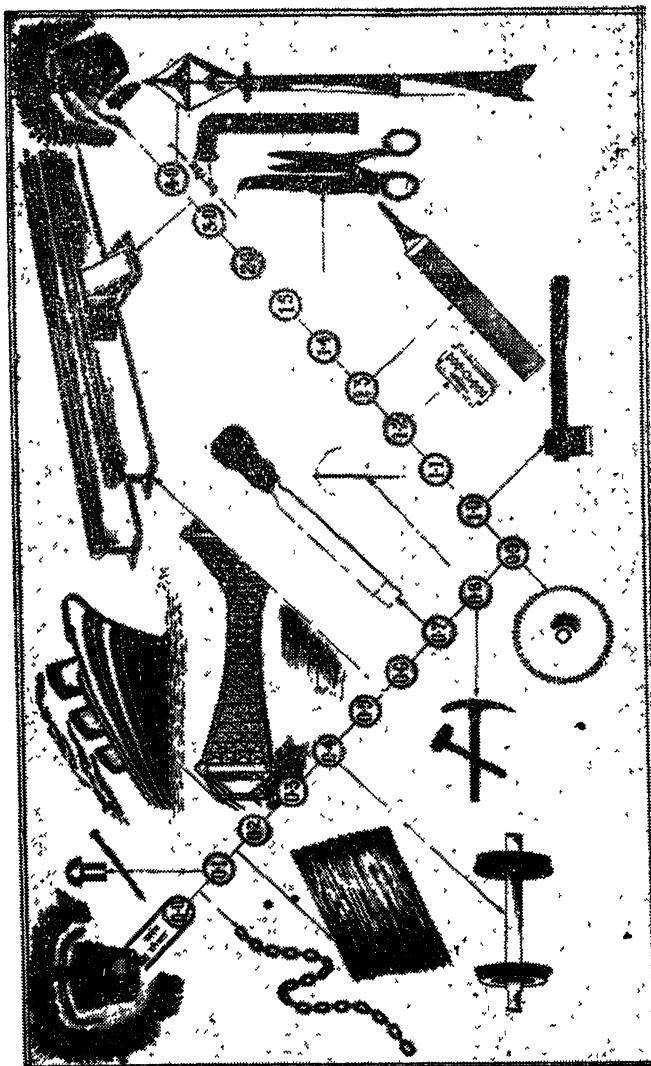
मध्यम कार्बन इस्पात—इस वर्ग के इस्पातो से हमारा सबसे अधिक परिचय होता है। व्यवहार में इन्ही का अधिकतम उपयोग होता है। जब कभी केवल इस्पात का उल्लेख किया जाय, इस वर्ग का पर्यायवाची समझना चाहिए। इसमें कार्बन की मात्रा ०·३५ या ०·४ प्रतिशत से ० ६५ या ० ७ प्रतिशत तक समझनी चाहिए। इन्जीनियर इसी वर्ग के इस्पातों का अधिक उपयोग करते है। रेल की पाँतें, चाक, गर्डर, पेच

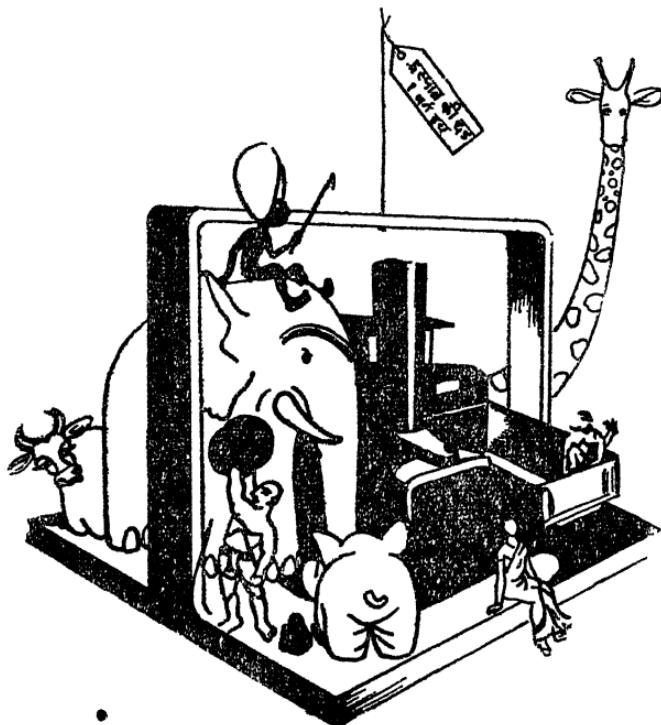
१. Duetility

इत्यादि दैनिक व्यवहार मे आनेवाली अधिकांश वस्तुओ मे कार्बन की मात्रा मध्यम होती है। कम कार्बन इस्पातो की तुलना मे इनकी शक्ति, दृढता और कठोरता अधिक होती है।

उच्च कार्बन इस्पात—इस्पात को यदि लाल गरम कर ठडे पानी मे बुझा दिया जाय तो उसकी कठोरता मे वृद्धि होती है। इस प्रकार बुझने पर कठोर होना इस्पात का अत्यन्त महत्त्वपूर्ण गुण है। इस्पात मे कठोरता की अभिवृद्धि कार्बन की मात्रा पर अवलबित है। जितनी अधिक कार्बन की मात्रा होगी, बुझने पर इस्पात उतना ही अधिक कठोर होगा। अल्प कार्बन इस्पात और मध्यम कार्बन इस्पातो को लाल गरम कर बुझाने से कठोरता मे बहुत अधिक वृद्धि नही होती। उच्च कार्बन इस्पातो को बुझाने पर शक्ति और कठोरता कई गुनी बढ जाती है, पर साथ ही भजनशीलता भी बढ जाती है। उच्च कार्बन इस्पातों का मुख्य उपयोग कठोर औजार बनाने मे होता है। दैनिक व्यवहार मे आनेवाली वस्तुओ में कुदाल, फरसा, बढई के औजार, सूई, कैंची इत्यादि मे उच्च कार्बन इस्पात व्यवहृत होता है। इसमें कार्बन की मात्रा ०·७ से २ प्रतिशत तक होती है। चित्र ६ में भिन्न-भिन्न कार्बन मात्रा वाली परिचित वस्तुएँ दिखलायी गयी है। इससे अलग-अलग कार्बन मात्रा का इस्पात के उपयोग में महत्त्व स्पष्ट हो जायगा।

मेल इस्पात—लोह मे कार्बन का मेल कराने पर सीधा कार्बन इस्पात बनता है। कार्बन के अतिरिक्त किसी अन्य धातु का लोह के साथ मेल होने पर मेल इस्पात कहा जाता है। मेल इस्पातों मे एक साथ दो, तीन, चार या अधिक धातुएँ रहती है। निष्कलंक इस्पात निकेल, क्रोमियम और कार्बन का मेल होने पर बनता है। उपयोगों और गुणो को ध्यान मे रखते हुए टंगस्टन वेनेडियम, मालिब्डेनम, मैगनीज, कोबाल्ट इत्यादि धातुओ का मेल कराने से विभिन्न इस्पातो का प्रादुर्भाव हुआ है। मेल इस्पातो को तापोपचारित करने से बहुमुखी गुण उपलब्ध हो जाते है।

सीधे कार्बन इस्पात को कठोर बनाने के लिए उच्च कार्बन की आवश्यकता है, परन्तु इससे भंजनशीलता भी बढ जाती है। वितान शक्ति और तन्यता

चित्र ६—विभिन्न कार्बन-मात्रावाली वस्तुएं

का समुचित सयोग सीधे कार्बन इस्पातों मे सभव नही है, कारण कि ४५ टन प्रति वर्ग-इच वितान शक्ति[१] के बाद सीधे कार्बन इस्पात की तन्यता

चित्र ७—इस्पात की वितान शक्ति

बहुत कम हो जाती है। बड़ी परिमा[२] होने से बुझाकर सीधे कार्बन इस्पात को पूर्ण कठोर नहीं बनाया जा सकता और साथ ही पानी मे बुझाने के धक्के

१. Tensile strength

२. Size

के कारण इनमें दरार पड़ने और विरूपित होने की प्रवृत्ति होती है। विभिन्न धातुओं का मेल कर देने से अधिक वितान शक्ति, कठोरता और तन्यता का समन्वय संभव है। साथ ही उच्च तापमान पर शक्ति और कठोरता, संक्षय रोधन, अचुम्बकत्व इत्यादि गुणो के लिए मेल इस्पात परमावश्यक हैं। इसी कारण गत तीस वर्षों में विविध क्षेत्रों में मेल इस्पातों की माँग और खपत बहुत बढ़ गयी है। अपेक्षाकृत कम मात्रा में उत्पादित होने पर भी मेल इस्पातो का बहुत महत्त्व है। प्रत्येक विशेष कार्य और उपयोग के लिए उपयुक्त मेल इस्पात अधिक संतोषजनक सेवा करते है।

अध्याय ३

इस्पात-उत्पादन के मूल सिद्धान्त

हम जितनी धातुओ का उपयोग करते है उनमे से अधिकाश प्रकृति मे यौगिकों के रूप में पायी जाती है। कुछ 'आदि धातु' के रूप में भी मिलती है। सारणी संख्या ३ मे विभिन्न प्रमुख धातुओ का नैसर्गिक प्रतिरूप दिया गया है।

सारणी संख्या ३

आदि धातु	आक्साइड	सल्फाइड	कार्बोनेट	सिलीकेट	क्लोराइड
स्वर्ण	लोह	ताम्र	लोह	निकेल	रजत
रजत	एल्यूमिनियम	सीस	जस्त	ताम्र	ताम्र
ताम्र	वंग	जस्त	ताम्र	जस्त	मैगनीशियम
प्लैटिनम	मैंगनीज़	निकेल	मैगनीज		
पारद	टंगस्टन	रजत	मैगनीशियम		
	ताम्र	एण्टीमनी	कैलसियम		
	क्रोमियम	पारद			
	वेनेडियम	कोबाल्ट			

अधिकाश धातुओ के प्रमुख स्रोत आक्साइड, सल्फाइड, कार्बोनेट, सिलिकेट और क्लोराइड यौगिक है। लोह-प्राप्ति के लिए आक्साइड खनिज सबसे अधिक महत्त्वपूर्ण है। कुछ उत्पादन कार्बोनेट और सल्फाइड खनिजों से भी होता है।

विविध धातुएँ प्रकृति मे विशुद्ध धातु या विशुद्ध यौगिक के रूप में

नही मिलती। इनके साथ अलग-अलग मात्रा मे मिट्टी, रेत और अन्य विजातीय यौगिक मिले रहते है। इन्हें दूषित पदार्थ या गैग[1] कहते है। ये दूषित पदार्थ अम्लीय, क्षारीय या तटस्थ हो सकते है। यदि दूषित पदार्थ की मात्रा बहुत अधिक होती है तो धातु-विजय लाभदायक नहीं होती। ऐसे धातु-निक्षेपो का व्यावसायिक दृष्टि से कोई महत्त्व नही होता। जिन धातु-निक्षेपों में विविध धातुकीय क्रियाओं द्वारा धातु-विजय लाभदायक होती है, उन्हे 'ओर' (अयस्क) या सुखनिज कहा जाता है। किसी भी खनिज का 'ओर' होना अनेक घटकों[2] पर आधारित रहता है।

(१) **धातु की मात्रा**—खनिज मे धातु की मात्रा कितनी है, यह बहुत महत्त्वपूर्ण है। भिन्न-भिन्न धातुओ के अयस्को (ओरों) में उनकी मात्रा अलग-अलग होती है। उदाहरणार्थ लोह अयस्क में साधारणत: लोह की मात्रा ४० से ६० प्रतिशत, एल्यूमिनियम अयस्क मे एल्यूमिनियम की मात्रा ३० प्रतिशत, ताम्र अयस्क मे ताम्र की मात्रा १ ५ से ३ प्रतिशत, जस्त अयस्क में जस्त की मात्रा १५ प्रतिशत, सीस अयस्क में सीस की मात्रा २५ प्रतिशत, स्वर्ण अयस्क में स्वर्ण की मात्रा ० ००१ प्रतिशत होती है। यहाँ तक कि यदि कही रेडियम की मात्रा ०·००००००१ प्रतिशत भी हो तो परम निराशावादी निर्देशक भी लाभ की आशा में नाच उठेंगे। धातु और उसकी मात्रा किसी खनिज को अयस्क (ओर) बनाने मे महत्त्वपूर्ण निर्णायक है।

ऊपर बतलाया गया है कि लोह अयस्क मे लोह की मात्रा साधारणत ४० से ६० प्रतिशत तक होती है। इसका यह अर्थ नही है कि यदि कही खनिज निक्षेप में ४० प्रतिशत लोह हो तो वह लोह 'ओर' बन जायगा। यह अनेक बातों पर निर्भर करता है। भारत में ६० प्रतिशत से अधिक

१. Gangue **विधातु**

२. Factors

लोह् की मात्रावाले निक्षेप बहुलता से उपलब्ध है (सारणी सख्या ४)। अत' ४० प्रतिशत लोह्वाले निक्षेप 'ओर' (अयस्क) नही होगे। इसके विपरीत

सारणी सख्या ४

भारतीय लोह्-सुखनिज का विश्लेषण

स्थिति	खान	रासायनिक विश्लेषण (प्रतिशत में)				
		Fe	SiO_2	Al_2O_3	P	Mn
बिहार	नोआमुन्डी	५८.९	३.५९	६.०८	० १४७	०.१४
उडीसा	बदाम पहाड़	५४.७	७.०६	५.८९	० १०६	० ६१
	गुरुमहिसानी	५५.४	६.८९	६.६६	०.०८	०.८२
	जोडा	५९.६	४ ३४	४.९०	०.०८	०.३०
	बर्ड्स	६०.९२	८ ०३	४.९२	०.०४	० ०५
	रोपवे	५९.१८	२.५३	५.२८	अत्यल्प	अत्यल्प
	मनोहरपुर	६१.६६	२.९०	३.६०	अत्यल्प	अत्यल्प
मैसूर	बाबा बूदन	५८.५३	२.५४	५.००	०.०५	अत्यल्प
मध्य प्रदेश	जबलपुर	६८.००	१.४३	०.२४	०.०५	०.०१

इंग्लैड, जर्मनी और अन्य यूरोपीय देशों मे ३५ से ४० प्रतिशत लोह्वाले खनिजों से लोह् और इस्पात का उत्पादन किया जाता है। अतः वे वहाँ 'ओर' है। इससे स्पष्ट है कि एक स्थान मे जो निक्षेप लोह्-ओर है, वे दूसरे स्थान या समय पर 'ओर' न माने जायँ।

(२) **निक्षेप की स्थिति**—कई बार निक्षेप की स्थिति इस प्रकार होती है कि वहाँ धातु विजय करना या खनिज दूसरी जगह ले जाना संभव या लाभदायक नही होता। ब्राजील के घने जंगलों में ६० से ७० प्रतिशत लोह्वाले विस्तृत जमाव है, परन्तु आवागमन के साधनो के विकास के बिना इनका विदोहन कठिन है। इन निक्षेपों को हम आज तो 'ओर' नही मानते। हो सकता है कि आगे आनेवाले वर्षों में इस क्षेत्र का विकास हो

जाय और वहाँ लोह धातु का उत्पादन लाभदायक हो सके, तब निश्चय ही वे 'ओर' 'निक्षेप' कहलायेंगे।

(३) अन्य कच्चे पदार्थों की बहुलता—

अ—दक्षिण भारत मे कई स्थानो मे अच्छे लोह खनिजो के जमाव है, परन्तु वहाँ कोयले के कोई उल्लेखनीय निक्षेप नही है। इसी कारण इनमे से अधिकाश निक्षेपो का विकास नही किया जा सकता। जल-विद्युत और जलित कोयले की सहायता से मैसूर राज्य के भद्रावती स्थान मे लोहे और इस्पात का उत्पादन होता है। मद्रास राज्य के दक्षिण अर्काट जिले में लिगनाइट के जमाव पाये गये है। ऐसी आशा की जाती है कि लोह और इस्पात की भट्ठियो मे इसका उपयोग किया जा सकेगा। अन्य आवश्यक पदार्थों की उपलब्धि भी धातु विजय को लाभदायक बनाने के लिए आवश्यक है।

आ—हम पहले विचार कर चुके है कि धातुएँ या उनके यौगिक प्रकृति मे दूषित पदार्थो के साथ सम्मिश्रित पाये जाते है। यदि दूषित पदार्थ स्वत स्यंदक[1] होते है, तो धातुकीय क्रिया सरल हो जाती है और धातु का उत्पादन व्यय भी कम हो जाता है। ऐसी दशा मे कम धातु मात्रावाले खनिज से धातु निकालना लाभदायक हो सकता है और वह 'ओर' हो सकती है। यूरोपीय देशो मे ३५ से ४० प्रतिशत लोह वाले खनिज निक्षेपों के साथ वाले दूषित पदार्थों का स्वभाव स्वत स्यंदक है। साथ ही उनमें फास्फोरस की मात्रा १.५ प्रतिशत है। क्षारीय वैसेमर विधि से इस्पात के उत्पादन के लिए यह आवश्यक है। स्वत· स्यदक स्वभाव के लाभ इसी अध्याय में आगे चलकर स्पष्ट किये गये है। अधिक फास्फोरस की मात्रा को आवश्यकता पर क्षारीय बैसेमर विधि द्वारा इस्पात के उत्पादन में विचार किया गया है।

१. Flux-स्यन्द

धातु विजय का मूल्य—खनिज से धातु विजय करने का मूल्य अनेक बातो पर आधारित है। धातु यौगिक और उससे सम्मिश्रित दूषित पदार्थ का स्वभाव और जिन क्रियाओ तथा विधियो द्वारा धातु का उत्पादन किया जा रहा है, वे धातु विजय के मूल्य पर निर्णायक प्रभाव डालते है। एक प्रकार की क्रियाओं के क्रम की तुलना मे दूसरे प्रकार की विधियाँ अधिक लाभदायक हो सकती है। मुख्य धातु के उत्पादन के साथ-साथ कुछ महत्त्व-पूर्ण और बहुमूल्य उपजात भी प्राप्त हो सकते है, जिनके कारण उत्पादित मुख्य धातु की कीमत कम हो जाती है। ताम्र और सीस धातुओं के उत्पादन मे स्वर्ण और रजत उपजात के रूप मे प्राप्त होते है, जिससे मुख्य धातुओ का उत्पादन-मूल्य कम हो जाता है।

धातु का मूल्य—किसी भी खनिज से धातु निकालना लाभदायक है या नही, यह उस धातु के क्रय-विक्रय मूल्य पर निर्भर रहता है। स्वर्ण का मूल्य अधिक है; इसी कारण स्वल्प मात्रा मे भी होने पर खनिज से स्वर्ण का उत्पादन लाभदायक होता है। धातु के मूल्य मे उतार-चढाव से यह संभव है कि किसी समय विशेष खनिज-निक्षेप से धातु विजय लाभदायक न रहे और धातु का उत्पादन बंद कर देना पड़े। धातुकीय विज्ञान के इतिहास में ऐसे अनेक प्रसंग मिलते है।

धातुओं के उत्पादन के लिए यह आवश्यक है कि अयस्क (ओर) मे से दूषित पदार्थों को अलग कर यौगिक को धातु में परिवर्तित किया जाय। यदि इस क्रिया के प्रथम चरण मे अशुद्ध धातु की प्राप्ति हो तो उपयुक्त विधियो द्वारा अशुद्धियो को अलग कर शोधित धातु का उत्पादन किया जाय। सभी धातुओ के उत्पादन मे ये महत्त्वपूर्ण चरण है।

'ओर' से दूषित पदार्थ को अलग करने के लिए भौतिक और रासायनिक विधियाँ उपयोग में लायी जाती है। भौतिक उपायों द्वारा अधिकतम दूषित पदार्थ अलग करने की विधियो को 'अयस्क परिष्करण' कहा जाता है। यौगिक और दूषित पदार्थ के आपेक्षिक गुरुत्व, रंग और आभा, चुम्ब-कीय या विद्युतीय गुण, द्रवणाक या जल द्वारा गीले होने में अन्तर का

उपयोग कर धातु यौगिक का उन्नयन किया जाता है। इस प्रकार संकेन्द्रित करने से धातुकीय प्रद्रावण[1] का मूल्य कम हो जाता है।

रासायनिक विधियों से दूषित पदार्थ को अलग करने की प्रणाली का विस्तृत विचार आवश्यक है, कारण कि ओर से लोह और इस्पात के उत्पादन में इसका घनिष्ठ सबंध है। यह स्पष्ट किया जा चुका है कि खनिज के साथ पाये जानेवाले दूषित पदार्थ कभी अम्लीय, कभी क्षारीय और कभी तटस्थ—स्वतः फ्लक्सक होते है। ये दूषित पदार्थ बहुधा तापरोधक होते हैं। अतः साधारणतः ऐसे ही गलित कर इन्हे निकालने का प्रयत्न व्यावसायिक दृष्टि से युक्तिसंगत नही है। यदि दूषित पदार्थ का स्वभाव अम्लीय है तो अलग से लाये गये क्षारीय पदार्थ (जिन्हे फ्लक्स कहते हैं), के साथ उनका प्रद्रावण किया जाता है। अम्ल और क्षार की प्रक्रिया से बननेवाले यौगिको का द्रवणांक कम होता है और इस प्रकार वे सरलतापूर्वक पिघलाकर निकाल दिये जाते है। क्षारीय दूषित पदार्थ अलग करने के लिए अम्लीय फ्लक्स उपयोग मे लाये जाते हैं। अतः यह स्पष्ट है कि किसी ओर के साथवाले दूषित पदार्थ स्वभाव मे स्वतः फ्लक्सक हों तो कही बाहर से फ्लक्स लाने की आवश्यकता नही रह जाती। इस प्रकार खर्च में बहुत अतर आ जाता है। यही कारण है कि ओर मे धातु की मात्रा अपेक्षाकृत कम होने पर भी स्वत फ्लक्सक स्वभाववाले दूषित पदार्थ के कारण यूरोपीय देशो मे लोह और इस्पात का उत्पादन लाभदायक हो सका है।

ओर के दूषित पदार्थो के साथ फ्लक्स की प्रक्रिया कराने के लिए अनेक प्रकार की भट्ठियाँ उपयोग मे लायी जाती है। लोह ओर जो कि प्रधानतः आक्साइड यौगिक है, बहुधा वात-भ्राष्ट्र मे प्रद्रावित किया जाता है। लोह ओर (अर्थात् लोह आक्साइड + दूषित पदार्थ), फ्लक्स को (साधारणतः चून पत्थर, कारण कि लोह ओर के साथ दूषित पदार्थ बहुधा अम्लीय होते है) कोक

१. Smelting

के द्वारा वात-भ्राष्ट्र मे गलाया जाता है। कोक के दहन से भट्ठी के भीतर प्रचंड ताप का उद्भव होता है। साथ ही कोक के कार्बन से लोह आक्सा-इड लघ्वित[1] हो जाता है। इस प्रकार दूषित और फ्लक्स की क्रिया से बना मल और लघ्वित लोह धातु भट्ठी के नितल मे एकत्र होते रहते हैं। धातु की तुलना मे मल का आपेक्षिक गुरुत्व कम होता है और इस कारण वह अलग हो सतह पर तैरता रहता है। कार्बन के साथ कुछ और अशुद्धियाँ, जैसे मैंगनीज, सिलिकन, फास्फोरस, गंधक इत्यादि लघ्वित होकर लोह मे विलयित हो जाते है।

सभी ताप धातुकीय क्रियाओ मे उपयुक्त प्रकार के मल का उत्पादन बहुत महत्त्वपूर्ण है। मल दूषित पदार्थ को तो अलग करता ही है, साथ मे अनेक हानिकारक अशुद्धियो को धातु से अलग करने का भी वह एक मात्र साधन है। लोह-प्रद्रावण मे बहुधा उचित प्रकार का क्षारीय मल बनाया जाता है जो धातु में गंधक की मात्रा कम करता है। गंधक और फास्फोरस ये दो तत्त्व इस्पात के गुणों के लिए बहुत हानिकर अशुद्धियाँ है। अधिक गंधक इस्पात को 'गरम हानित'[2] करता है जिससे लाल गरम इस्पात बेलित होने या अन्य यान्त्रिक क्रियाओ द्वारा कार्यित होने के अयोग्य हो जाता है। फास्फोरस इस्पात को 'शीतल हानित'[3] करता है जिसके कारण इस्पात ठंडी अवस्था मे भजनशील और कार्यित होने के अयोग्य हो जाता है। अच्छे इस्पात मे गंधक और फास्फोरस, प्रत्येक की मात्रा ०५ प्रतिशत से कम रखी जाती है। गंधक की मात्रा वात-भ्राष्ट्र मे नियन्त्रित की जाती है। फास्फोरस को घटाने के लिए इस्पात के उत्पादन मे विशेष यत्न किये जाते है।

१ Reduced

२ Hot-short

३. Cold-short

प्रवात भट्ठी (वात-भ्राष्ट्र) से निकले लोह में गैसों के अतिरिक्त अन्य अनेक अशुद्धियाँ विलयित रहती हैं। प्रवात भट्ठी मे जितने तत्त्व उच्च तापमान पर कार्बन द्वारा लघ्वित हो जाते हैं, वे सभी गलित धातु मे घुल जाते है। आक्साइड के रूप में विद्यमान तत्त्व मल मे मिल जाते है। स्वयं कार्बन भी अच्छे परिमाण में लोह में विलयित हो जाता है। इन तत्त्वों का कुछ भाग लोह के ठोस बन जाने पर उसमें ठोस विलयन के रूप में रहता है और शेष भाग लोह के साथ यौगिक बनाता है। इन अशुद्धियों की उपस्थिति के कारण प्रवात भट्ठी में बना पिग लोह भंजनशील और अधिकाश इन्जीनियरी उपयोगो के अयोग्य होता है। इसी लिए उसे कच्चा लोह कहा जाता है।

लोह को इस्पात मे परिवर्तित करने के लिए यह आवश्यक है कि इन अतिरिक्त तत्त्वो की मात्रा पर समुचित नियन्त्रण किया जाय, जिससे इस्पात के गुणों का विकास हो सके। इस विपय मे गंधक और फास्फोरस के हानिकर प्रभावो की चर्चा हम ऊपर कर चुके हैं। अच्छे इस्पात मे इनमे से प्रत्येक की मात्रा .०५ प्रतिशत से कम होनी चाहिए। कार्बन, मैगनीज और सिलिकन को भी आवश्यक सीमा तक कम किया जाता है। अलग-अलग उपयोगो मे भिन्न-भिन्न गुणवाले इस्पातो का प्रयोग होता है। इस्पातो के गुण प्रधानत उनके रासायनिक सगठन पर आधारित रहते है। अत. पिग लोह के इस्पात मे परिवर्तन के समय अतिरिक्त तत्त्वो की मात्रा मे आवश्यक कमी कर दी जाती है। यह बात ध्यान में रखनी चाहिए कि अतिरिक्त तत्त्वो की उचित मात्रा का इस्पात के गुणों पर विशेष प्रभाव पडता है और इस कारण उनका महत्त्व है। उन्हे पूर्णत निकाल देने पर अपेक्षाकृत अशक्त लोह धातु बच रहेगी, जिसकी तापोपचारित और कठोरित होने की क्षमता इस्पात की तुलना में बहुत कम रहेगी। उचित मात्रा में इन तत्त्वो की उपस्थिति पर नियन्त्रण अच्छे प्रकार के इस्पात उत्पादन की कला का रहस्य है।

पिग लोह से इस्पात बनाने के लिए कच्चे पदार्थो और उनसे उत्पादित

पिग लोह के स्वभाव के अनुरूप अनेक विधियाँ व्यवहार मे लायी जाती है। इन सभी विधियों की कार्यप्रणाली मे यही मूलभूत सिद्धान्त है कि अशुद्धियो का आक्सीकरण कर या तो मल मे मिला दिया जाय या गैसीय रूप मे जलाकर अलग कर दिया जाय। मैंगनीज, सिलिकन और फास्फोरस को आक्सीकृत कर मल मे प्रविष्ट कराया जाता है। कार्बन, मोनोक्साइड और डाईआक्साइड के रूप मे भट्ठी के बाहर चली जाती है। उपर्युक्त विवरण से अशुद्धियो के निष्कासन में उचित गुण और प्रकार के मल का महत्व स्पष्ट है। ठीक गुणवाला मल अशुद्धियों का स्वागत करता है और अच्छे इस्पात उत्पादन का एक मात्र साधन है। इसी कारण लोह ओर इस्पात उद्योग मे यह कहावत प्रचलित है—"इस्पात की भट्ठी मे अच्छा मल बनाना ही अच्छे इस्पात का उत्पादन करना है।"

अशुद्धियों के नियन्त्रित निष्कासन से जब उचित रासायनिक संगठन-वाला इस्पात बन जाता है, तब उसे लेडिल मे त्रोटित कर लेते हैं। इसके उपयुक्त आकार बनाने के लिए इसे सधानी[1] मे ले जाते हैं अथवा वीड के मोल्डो मे ढालकर सिल या पिडक[2] तैयार किये जाते है। इन सिलों को 'सोखन कूपो' मे गरम कर विभिन्न आकारो, जैसे रेल की पाँतें, गर्डर, लोह-कोण, छड इत्यादि मे बेलित या गठित[3] किया जाता है।

१. Foundry ढलाईघर

२. Ingot

३. Rolled or forged

अध्याय ४

लोह और इस्पात उद्योग के कच्चे पदार्थ

लोह और इस्पात के उत्पादन में इस्पातों के प्रकारों के अनुसार विविध उपकरणो और कच्चे पदार्थों की आवश्यकता पडती है। इनमें निम्नलिखित कच्चे पदार्थ प्रमुख है—

१. लोह ओर (अयस्क)
२. ईंधन
३ फ्लक्स
४. तापसह पदार्थ
५. लोह मेल

लोह ओर

व्यावसायिक दृष्टि से लोह के आक्साइड खनिज सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण है। विश्व का अधिकाश लोह और इस्पात उत्पादन आक्साइड ओरो के प्रद्रावण से होता है। कुछ देशों मे कार्बोनेट खनिज को निस्तप्त कर उसे आक्साइड मे परिवर्तित किया जाता है तथा अन्यत्र लोह सल्फाइड से गधकाम्ल उत्पादित करने की क्रिया मे जारित होकर बच रहा लोह आक्साइड व्यवहार मे लाया जाता है। नीचे प्रधान लोह खनिजों का विवरण दिया गया है—

हेमेटाइट—Fe_2O_3—यह ससार का प्रधान लोह खनिज है। सैद्धान्तिक गणना से इसमे ७० प्रतिशत लोह होता है। इसका आपेक्षिक गुरुत्व ४ ९ से ५ ३ तक होता है। हेमेटाइट सरलता से लघ्विन हो जाता है

और प्रकृति मे भी अच्छे और बडे निक्षेपो मे उपलब्ध है। इन्ही कारणो से यह लोह का प्रधान 'ओर' (अयस्क) बन गया है। संयुक्त राष्ट्र अमेरिका और भारत मे यह प्रधान लोह ओर है। इसके अतिरिक्त ब्राजील और चीन देश मे इस खनिज के विस्तृत निक्षेप है। भारत मे बिहार, उत्कल, मध्यप्रदेश, मैसूर राज्य इत्यादि मे इस खनिज के अच्छे निक्षेपो की कुल मात्रा एक हजार करोड टन से भी अधिक निर्धारित की गयी है, जिसमे लोह प्रतिशत ६० से ऊपर है। इससे कम प्रतिशत लोह वाले निक्षेपो की मात्रा असीमित है। लोह निक्षेपों के संबध मे हमारा देश बहुत भाग्यशाली है। विश्व मे इतने अच्छे 'ओर' के ऐसे बडे निक्षेप अन्यत्र कही भी नही है।

मैगनेटाइट—$Fe_3 O_4$—इसे लोह का चुम्बकीय खनिज भी कहते हैं। इस विशुद्ध खनिज में लोह प्रतिशत ७२ ४ होता है। यह बहुधा कठोर और सघन होता है जिसके कारण इसकी लब्वन-क्षमता हेमेटाइट की तुलना मे कम होती है। इसका आपेक्षिक गुरुत्व ५.१ से ५ २ तक और रंग बहुधा धूसर होता है। स्वीडन मे मैगनेटाइट खनिज के अच्छे निक्षेप है। वहाँ के लोह और इस्पात उद्योग में इसका उपयोग किया जाता है। साथ ही समीपवर्ती देशो को मैग्नेटाइट निर्यातित होता है। संयुक्त राष्ट्र अमेरिका और कनाडा मे भी मैग्नेटाइट के जमाव है। दक्षिण भारत मे मैग्नेटाइट खनिज के निक्षेप आर्थिक दृष्टि से महत्त्वपूर्ण है, परन्तु वहाँ उपयुक्त ईंधन की उपलब्धि न होने के कारण अभी तक लोह और इस्पात उद्योग का विकास नही हो सका है।

लिमोनाइट—$2\ Fe_2 O_3 . \times H_2 O$—इसे जलयुक्त हेमेटाइट भी कहते है। इस खनिज मे लोह और जल का अनुपात स्थान-स्थान पर भिन्न-भिन्न हुआ करता है। यह साधारणत. नरम और रग मे हलके भूरे से काला तक होता है। इसका आपेक्षिक गुरुत्व ३ ६ से ४ तक होता है। भारत मे इसके काफी जमाव है परन्तु और अच्छे खनिजो की उपलब्धि के कारण वर्तमान में यह महत्त्वपूर्ण ओर नही माना जाता। प्राचीन और मध्य युगीन काल मे छोटी-छोटी भट्ठियो द्वारा इससे लोह निकाला जाता था। जर्मनी,

फ्रास और वेल्जियम की सीमा पर स्थित मिनेट और दक्षिण सयुक्त राष्ट्र अमेरिका में यह प्रधान ओर है।

सिडेराइट—$Fe\ CO_3$—सिद्धान्तत इसमे लोह प्रतिशत ४८ २ होता है। यह लोह का कार्बोनेट ओर है और प्रवात भट्ठी में डालने के पहले इसे निस्तप्त करना आवश्यक है। इसका आपेक्षिक गुरुत्व ३ ८ से ३.९ और रंग साधारणत. धूसर होता है। इंग्लैण्ड, जर्मनी, स्पेन और आस्ट्रिया में यह प्रधान लोह ओर है।

लोह पायराइट—$Fe\ S_2$—साधारणतः यह खनिज लोह उत्पादन के लिए प्रयुक्त नही किया जाता। परन्तु यदि इसको गंधकाम्ल के उत्पादन मे जारित कर गंधक निकाल दिया जाय तो बच रहे लोह आक्साइड का प्रद्रावण किया जा सकता है। इटली मे इस प्रकार के जारित पायराइट की अच्छी मात्रा लोह उत्पादन के काम में लायी जाती है।

ईंधन

'ओर' से पिग लोह का उत्पादन प्रवात भट्ठो में किया जाता है, जहाँ ईंधन आक्साइडों का लघ्वन और विधि में आवश्यक उष्मा का प्रदाय[१] करता है। प्रवात भट्ठो की औसत धारिता एक हजार टन प्रति दिन से अधिक होती है। इसमे कोयले से प्राप्त कोक का उपयोग किया जाता है। सभी प्रकार के कोयले से कोक नही मिलता। वे कोयले, जिनके चूर्ण को बन्द वेश्मो मे लगभग ११००° से० पर तापित करने से वाष्पशील पदार्थों के निष्कासन के बाद कठोर कोक के ढेले बच रहते है, कोकीय कहे जाते हैं। कोयले की तुलना में कोक अधिक कठोर और सुषिर होता है। उसकी सम्पीड़न शक्ति कोयले से अधिक होती है। प्रवात भट्ठी में इन गुणो का बहुत महत्त्व है। पिग लोह के उत्पादन का वर्णन करते समय, इन गुणों के फलस्वरूप होनेवाले लाभो की विवेचना की जायगी। उत्तम धातुकीय

१. Supply

कोक की सुषिरता ३५ से ५० प्रतिशत, उष्म अर्हा ११००० से १३००० ब्रिटिश उष्मा मात्रक और समर्दन शक्ति ५०० से १००० पौंड प्रति वर्ग-इंच होनी चाहिए।

भारत मे कोकीय कोयलों के निक्षेप अधिक नही है। ऐसा अनुमान किया जाता है कि हमारे कोकीय कोयलों के भण्डार लगभग ६० वर्ष मे समाप्त हो जायेंगे। भौमिकीय सर्वेक्षण विभाग नये निक्षेपों का पता लगाने के लिए प्रयत्नशील है। साथ ही अर्ध कोकीय कोयलों के साथ मिश्रण कर धातुकीय कोक का उत्पादन करने के प्रयत्न किये जा रहे है। भारत के कोकीय कोयलो में राख की मात्रा बहुत अधिक है जिसके कारण उसकी ऊष्मा क्षमता कम हो जाती है। राख की प्रतिशतता कम करने के लिए कोयलो का प्रक्षालन किया जाता है। अधिक राखवाले टुकड़े, जिनको 'शेल' कहते है, अलग हो जाते है और प्रक्षालित कोयले में कार्बन की प्रतिशतता अधिक हो जाती है।

विवृत तंदूर फर्नेसो में ईंधन के रूप में उत्पादक गैस का उपयोग किया जाता है। यह गैस जलते कोयले के प्रस्तर में वायु और वाष्प का मिश्रण भेजकर तैयार की जाती है। इसके लिए उत्तम गैसीय कोयलों की आवश्यकता पड़ती है। वर्तमान समय मे उत्पादक गैस के स्थान मे द्रव ईंधनों, जैसे ईंधन तेलो, तारकोल इत्यादि का उपयोग अधिक लोकप्रिय हो रहा है।

फ्लक्स

लोह ओर मे विद्यमान गैंग को निकालने के लिए फ्लक्सो (स्यन्दों) का उपयोग किया जाता है। गैंग की प्रकृति सामान्यत: अम्लीय होने के कारण चून पत्थर प्रधान क्षारीय फ्लक्स के रूप मे व्यवहृत होता है। प्रवात भट्ठी में सिलिका के साथ प्रक्रिया कर चूना क्षारीय मल बनाता है और विधि मे विगन्धकीकरण[1] मे महत्त्वपूर्ण योग देता है। इस्पात के उत्पादन मे

१. Desulphurization

फास्फरीहरण के लिए क्षारीय मल आवश्यक है। इसके लिए चूना, चून पत्थर और डोलोमाइट व्यवहृत होते है। डोलोमाइट कैलसियम और मैगनीशियम का संयुक्त कार्बोनिट है। लोह ओर इस्पात उद्योग मे प्रयुक्त क्षारीय फ्लक्सों में सिलिका, गधक, फास्फोरस अवाछनीय अशुद्धियाँ है। सिलिका फ्लक्स की शक्ति घटाता है और गंधक तथा फास्फोरस इस्पात के गुणों को कुप्रभावित करते है। फ्लक्स की तरह प्रयुक्त चून पत्थर मे $Ca\ CO_3$ प्रतिशत ९० से कम नही होना चाहिए।

तापसह पदार्थ

इन्हे अग्निरोधक पदार्थ भी कहते है। लोह और इस्पात का उत्पादन अत्यधिक उच्च तापो पर किया जाता है। इनका उत्पादन करनेवाली फर्नेसों मे तापसह पदार्थो का अस्तर लगाया जाता है। इन पदार्थो का रासायनिक आचरण के आधार पर निम्नलिखित वर्गीकरण किया जा सकता है—

(१) अम्लीय तापसह पदार्थ
(२) क्षारीय तापसह पदार्थ
(३) तटस्थ तापसह पदार्थ

अम्लीय तापसह पदार्थ—लोह और इस्पात फर्नेसो के गठन मे सिलिका और फायर क्ले ईटों का बहुत उपयोग होता है। प्रवात भट्ठी का पूर्ण अस्तर उत्तम श्रेणी की फायर क्ले ईटों का बनाया जाता है। लोह और इस्पात उद्योग में प्रयुक्त कुल तापसह पदार्थों मे लगभग तीन चौथाई मात्रा फायर क्ले अग्निरोधकों की रहती है। सिलिका का उपयोग प्रधानत. इस्पात उत्पादन करनेवाली फर्नेसों मे किया जाता है। अम्लीय फर्नेसो का संपूर्ण अस्तर सिलिका अग्निरोधको का रहता है। क्षारीय इस्पात फर्नेसो मे छत और मलरेखा के ऊपर की भित्तियाँ सिलिका ईटो की बनायी जाती है।

क्षारीय तापसह पदार्थ—क्षारीय इस्पात फर्नेसों के तदूर और मलरेखा तक सभी भाग क्षारीय तापसह पदार्थो के बनाये जाते है। अग्निरोधक

ईंटों के रूप मे मैगनेसाइट का उपयोग अधिक प्रचलित है। डोलोमाइट कण फर्नेसो मे सक्षत तदूर और किनारों की मरम्मत करने के लिए प्रयुक्त होते है। संपूर्ण क्षारीय अस्तरवाली विवृत तदूर फर्नेसो की छतें और भित्तियाँ क्रोम मैगनेसाइट ईंटों की बनायी जाती है। इनसे फर्नेस का कार्यन परास बढ जाने से उत्पादन गति अधिक हो जाती है।

तटस्थ तापसह पदार्थ—उच्च ताप पर यदि अम्लीय और क्षारीय तापसह पदार्थ संपर्क मे रहे तो उनमे प्रक्रिया होकर अग्निरोधक अस्तर नष्ट हो जाता है। इस प्रवृत्ति को रोकने के लिए तटस्थ अग्निरोधक ईंटें बीच मे लगायी जाती हैं। इस्पात फर्नेसों मे मैगनेसाइट और सिलिका के बीच में तटस्थ क्रोमाइट ईंटे लगायी जाती हैं। दूसरे तटस्थ अग्निरोधक ग्रेफाइट का उपयोग प्रवात भट्ठी का अस्तर बनाने में होने लगा है। घरिया विधि द्वारा इस्पात के उत्पादन में ग्रेफाइट की मूषाएँ प्रयुक्त होती है। विद्युत् चाप फर्नेस में ग्रेफाइट विद्युदग्र विद्युत्धारा का सभरण करने के लिए उपयोग मे लाये जाते है। ग्रेफाइट अग्निरोधकों का मूल्य अधिक होने के कारण इनका उपयोग विवेकपूर्वक किया जाना चाहिए।

लोह मेल और मिश्र धातुएँ

इस्पात का अनाक्सीकरण और पुनर्कार्बिनन करने तथा मिश्रित इस्पातो का उत्पादन करने के लिए अनेक प्रकार के लोह मेल और मिश्र धातुएँ उपयोग मे आती हैं। इन्हे फर्नेस में, लेडिल में अथवा मोल्ड में डाला जाता है। कुछ मिश्र पदार्थ, जैसे ताम्र, मालिब्डीनम, निकेल, विधि मे प्रारंभ से ही चार्जित किये जा सकते हैं। इनका सरलता से आक्सीकरण न होने के कारण प्रत्यादान[1] लगभग पूर्ण होता है। इसके विपरीत क्रोमियम और मैंगनीज की आक्सीजन के साथ बधुता अधिक होने के कारण इनके संकालन[2]

१. Recovery
२. Addition

में अधिकतम सावधानी रखी जाती है। सामान्यत. इन्हे लेडिल में मिश्रित किया जाता है। इसी प्रकार सरलता से आक्सीकृत होनेवाले तत्त्व, जैसे एल्यूमिनियम, बोरन, टाइटेनियम, वेनेडियम और जिरकोनियम लेडिल मे डाले जाते है। धातु कुभ को अभिशीतित होने से बचाने के लिए लोह मेलो को पूर्व तप्त किया जाता है। इनका अधिक मात्रा मे संकालन करने के लिए कुछ भाग फर्नेस मे और बचा हुआ भाग लेडिल में डाला जाता है। फर्नेस में डालने के लिए टुकड़ों की परिमा[1] लगभग पॉच इंच होनी चाहिए, जिससे वे सरलतापूर्वक कुभ मे प्रविष्ट हो सकें। लेडिल मे दो इंच से बडे टुकड़े डालने पर उनका इस्पात मे विलयन द्रुत गति से नही होगा।

सामान्य संकाली पदार्थ

(१) लोह **मैगनीज**—यह इस्पात के उत्पादन मे प्रयुक्त सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण लोह-मेल है। इस्पात का अनाक्सीकरण और पुनर्कार्बनन करने के लिए इसका सर्वत्र उपयोग किया जाता है। श्रेष्ठ लोहमेल में मैगनीज की मात्रा ७४ से ८२% होनी चाहिए। इस लोहमेल मे फास्फोरस और कार्बन की मात्रा का महत्त्व भी उल्लेखनीय है। विशिष्ट इस्पातों के उत्पादन मे कार्बन और फास्फोरस की मात्रा कम रहने के लिए इनका विशेष महत्त्व है।

(२) **सिलिको-मैगनीज**—विवृत तंदूर फर्नेस मे इस लोह-मेल का उपयोग तापन का समवरोधन करने मे किया जाता है। इसके संकालन से फर्नेस मे आक्सीकरण की गति कम हो जाती है और लोह सिलिकन की तुलना में यह शीघ्रतापूर्वक एकरस हो जाता है।

(३) **लोह सिलिकन**—इस लोह मेल का प्रधान उपयोग लोह मैगनीज के साथ अनाक्सीकारक के रूप मे किया जाता है। कभी-कभी विवृत तंदूर फर्नेस में तापन का समवरोधन करने के लिए भी यह लोह-मेल

१. Size

प्रयुक्त होता है। एक साथ एक से अधिक अनाक्सीकारक पदार्थ डालने मे सुगलनीय पदार्थ बनते है जो सरलता से ऊपर उठ आते है।

(४) **स्पीजेल**—इस लोह्-मेल का उपयोग तापन का समवरोधन[1] करने के लिए किया जाता है। लोह् मैंगनीज की तुलना में इसकी अनाक्सीकरण और पुनर्कार्बनन शक्ति कम होती है। अनाक्सीकरण और पुनर्कार्बनन में भी इसका उपयोग उल्लेखनीय है।

मेलीय इस्पातों के उत्पादन मे क्रोमियम, वेनेडियम, मालिब्डीनम, टाइटेनियम, टंगस्टन का समावेश करने के लिए इन धातुओं के लोह्-मेल लोह् क्रोमियम, लोह् वेनेडियम, लोह् मालिब्डीनम, लोह् टाइटेनियम, लोह् टंगस्टन व्यवहृत होते हैं। ताम्र, एल्यूमिनियम, निकेल और कोबाल्ट शुद्ध धातुओं के रूप में मिश्रित किये जाते है। सारणी संख्या ५ में विभिन्न मेलीय तत्त्वों और लोह्-मेलों के औसत रासायनिक समास दिये गये है।

चित्र ८ में भारत में पाये जानेवाले मुख्य लोह् ओर, ईंधन, फ्लक्स तथा तापसह पदार्थ दर्शाये गये हैं।

[सारणी ५ कृपया पृष्ठ ३५ पर देखे]

1. Block

पदार्थ	प्रतिशत													
	Fe	C	Mn	P	S	Si	V	Cr.	Ni	Cu	Ti	Al	Mo	W	Co
लोह मैगनीज	१३	६·८	७९·४	०·१६		०·७									
सिलिको मैंगनीज		१·५	६५·०			२०·०									
लोह सिलिकन	४९·४	०·५५	०·०२	०·०८	०·०२	४९·१									
स्पीजेल	७५·७	४·४	१९·१	०·०५	०·०३	०·७									
लोह क्रोमियम	२२·१	६·४	०·४	०·००३	०·०८	०·५		७०·०							
लोह वेनेडियम	४२·७	१·६	६·३	०·१	०·११	१०·५	३८·०								
लोह मालिब्डीनम		२·५		०·१	०·२५	१·५							५५·०		
लोह टाइटेनियम	६९·५	७·८	०·१	०·००३	०·०३	२·७		०·२			१७·४	१·६			
लोह टंग्स्टन		०·६												७०·०	
लोह फास्फोरस	८०·०	१·१	०·२	१८·०	०·६५	०·१									
ताम्र										९९·०					
एल्यूमिनियम												९८·०			
निकेल									९७·०						
कोबाल्ट															९९·०

पदार्थ	प्रतिशत														
	Fe	C	Mn	P	S	Si	V	Cr.	Ni	Cu	Ti	Al	Mo	W	Co
लोह मैंगनीज	१३	६·८	७९·४	०·१६		० ७									—
सिलिको मैंगनीज		१·५	६५·०			२० ०									
लोह सिलिकन	४९ ४	०·५५	०·०२	० ०८	० ०२	४९ ९									
स्पीजेल	७५ ७	४·४	१९ १	०·०५	० ०३	० ७									
लोह क्रोमियम	२२·१	६ ४	० ४	० ००३	० ०८	० ५		७०·०							
लोह वेनेडियम	४२ ७	१ ६	६ ३	०·१	० ११	१० ५	३८ ०								
लोह मालिब्डीनम		२·५		०·१	० २५	१·५							५५ ०		
लोह टाइटेनियम	६९·५	७·८	०·१	०·००३	० ०३	२ ७		०·२			१७ ४	१ ६			
लोह टंग्स्टन		० ६												७० ०	
लोह फास्फोरस	८० ०	१·१	०·२	१८ ०	० ६५	० १									
ताम्र										९९ ०					
एल्यूमिनियम												९८ ०			
निकेल									९७ ०						
कोबाल्ट															९९ ०

अध्याय ५

पिग लोह् का उत्पादन

लोह् अयस्क का प्रत्यक्ष लघ्वन[1] करने के अनेक प्रयत्न समय-समय पर किये जाते रहे है। इस कार्य मे अनेक प्रकार की फर्नेसों (भट्ठियो) और लघ्वीकर पदार्थो का प्रयोग किया गया। यह् कहना पर्याप्त होगा कि इस प्रकार की प्रत्यक्ष विधियों मे व्यावसायिक दृष्टि से कोई भी विधि पुंजोत्पादन के लिए सफल नही हो सकी। लोह् ओर से इस्पात के उत्पादन में पहले पिग लोह् का उत्पादन किया जाता है, तत्पश्चात् पिग लोह् को विभिन्न विधियों द्वारा इस्पात मे परिर्वातित किया जाता है। लोह् ओर (अयस्क) से कम कार्बन युक्त लोह् का प्रत्यक्ष विधियों द्वारा उत्पादन सैद्धान्तिक दृष्टि से परोक्ष विधियो की अपेक्षा अधिक आकर्षक प्रतीत होता है। परोक्ष विधियो मे अशुद्धियो से लदे उच्च कार्बन युक्त पिग लोह् का शोधन कर इस्पात बनाया जाता है। प्रत्यक्ष लघ्वन विधियों के असफल होने के निम्नलिखित मुख्य कारण है, जिनके फलस्वरूप ये विधियाँ व्यावसायिक रूप नही ले सकी—

(१) प्रत्यक्ष लघ्वन के लिए लोह् अयस्क का समृद्ध और सूक्ष्म भाजित दशा मे होना आवश्यक है।

(२) लघ्वन की अच्छी निष्पत्ति के लिए लघ्वीकर पदार्थ और लोह् अयस्क (ओर) का सम्मिश्रण गाढा होना चाहिए।

(३) सम्मिश्रण में ओर और लघ्वीकर पदार्थ की समुचित मात्रा न

१. Reduction अपचयन, अवकरण

रहने पर विधि के कार्यन मे लाभ और सुविधा नही रहती। ओर की मात्रा अधिक होने पर उसका अपचयन अधूरा रह जाता है तथा लघ्वीकर पदार्थ अधिक होने पर कम तापवाली लघ्वित धातु स्पंजी अथवा लेपी दशा मे प्राप्त होती है, जिसका हस्तन[1] करना सुविधाजनक नही रहता। उच्च ताप पर अयस्क का लघ्वन करने से कार्बन और फास्फोरस अवशोषित हो जाते है और इस प्रकार प्राप्त धातु एवं पिग लोह् मे अधिक अंतर नही रह जाता। चार्ज मे विद्यमान गधक धातु में सरलता से प्रविष्ट हो जाता है, जिसका निष्कासन करने के लिए चूना और प्रवात भट्ठी मे विद्यमान उग्र अपचायक वातावरण आवश्यक हो जाता है।

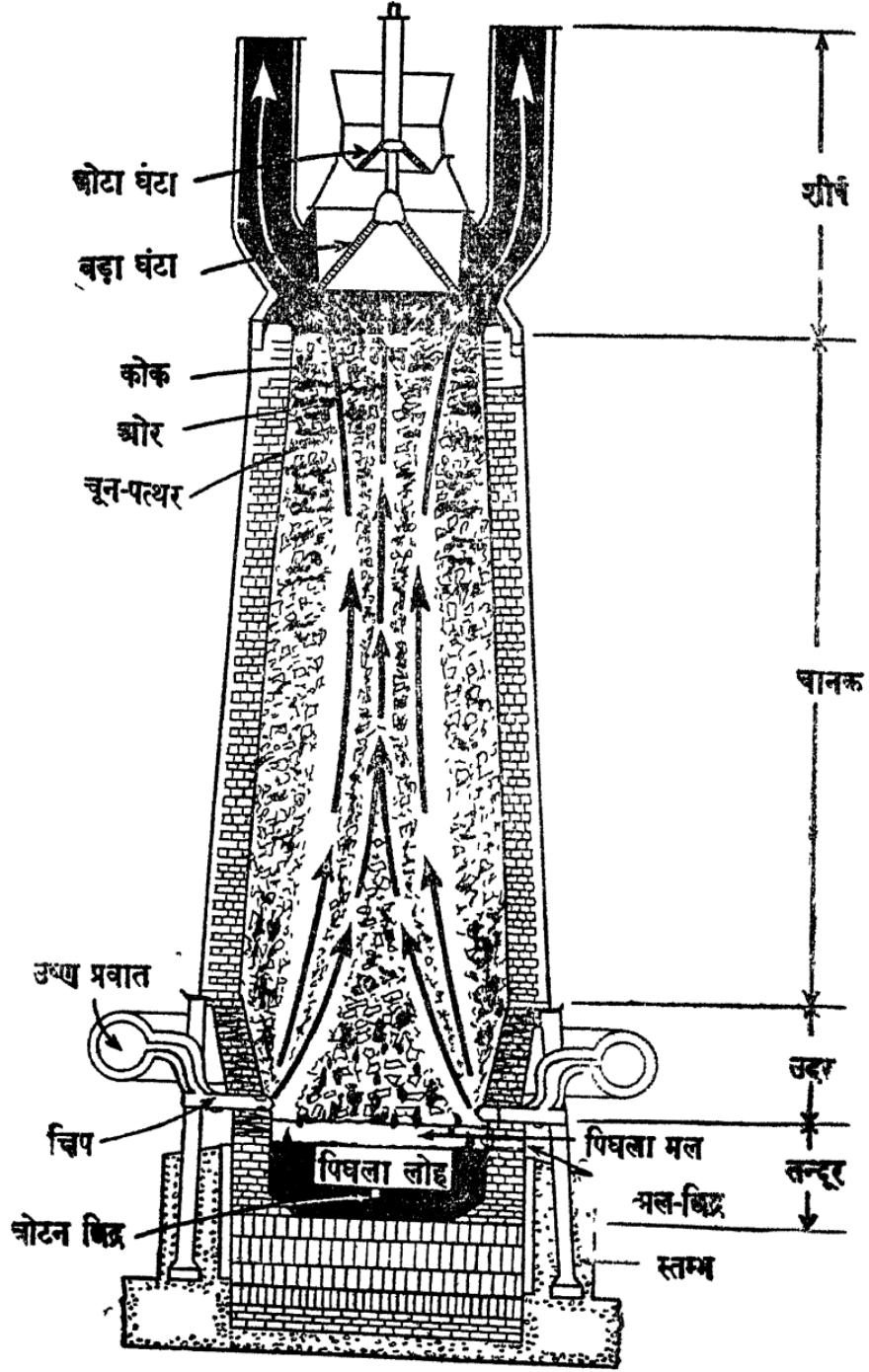
(४) प्रत्यक्ष विधियो की उत्पादन-क्षमता परोक्ष विधियो की तुलना मे कम होती है।

उपर्युक्त कारणो के फलस्वरूप इस्पात के उत्पादन मे परोक्ष विधियो का उपयोग सर्वत्र किया जाता है। सैद्धान्तिक दृष्टि से विचार करने पर लोह् ओर से इस्पात के उत्पादन का यह क्रम उचित नही मालूम पडता। कारण, प्रवात फर्नेस मे रासायनिक प्रक्रियाओ की गति बहुत शिथिल होती है। प्रयोगशाला मे जो रासायनिक प्रक्रियाएँ कुछ मिनटो मे समाप्त हो जाती है, उन्हे प्रवात फर्नेस मे पूरा होने में घंटो लग जाते है। साथ ही प्रवात फर्नेस मे ओर मे विद्यमान आक्सीजन का स्थान कार्बन ले लेती है और इस प्रकार इस्पात के उत्पादन का आधा कार्य ही पूरा होता है। प्रवात फर्नेस में लोह् अयस्क के प्रद्रावण के समय सभी लघ्वित तत्त्व पिग लोह् मे विलयित हो जाते है, जिन्हे सावधानी पूर्वक निष्कासित करना श्रेष्ठ इस्पातो के उत्पादन के लिए आवश्यक होता है। आधुनिक प्रवात फर्नेस की उत्पादन-क्षमता १००० टन प्रति दिन से अधिक होती है और उपयुक्त कच्चे पदार्थ उपलब्ध होने पर इसका उत्पादन-व्यय सबसे कम रहता है।

१. To handle

पिग लोह के उत्पादन की स्थूल रूपरेखा

लोह ओर, कोक (ईंधन) और चून पत्थर (फ्लक्स) उचित अनुपात मे फर्नेस के शीर्ष से चार्जित किये जाते है और फर्नेस के अवर पार्श्व में स्थित क्षिपो[1] द्वारा तप्त वायु प्रवात भेजा जाता है। लगभग पूरी फर्नेस (भट्ठी) चार्ज से सदैव भरी रहती है और वायु प्रवात चार्ज मे होता हुआ ऊपर उठता है। कोक का दहन होने से फर्नेस मे प्रचड ताप उद्भूत होता है और प्रक्रिया के फलस्वरूप प्राप्त कार्बन मोनाक्साइड गैस आक्साइडो का लघ्वन करती है। ओर और कोक मे विद्यमान विजातीय पदार्थ (जो बहुधा अम्लीय प्रकृति के होते है) क्षारीय फ्लक्स के साथ प्रक्रिया कर मल बनाते है। लघ्वित धातु और मल गलित दशा मे फर्नेस के कूप मे एकत्र होते है। मल का आपेक्षिक गुरुत्व कम होने के कारण वह धातु की सतह पर तैरता रहता है। इस प्रकार विजातीय पदार्थो से मुक्त पिग लोह की प्राप्ति होती है। अन्य सभी लघ्वित तत्त्वो का धातु मे विलयन होने के कारण पिग लोह मे कार्बन के अतिरिक्त सिलिकन, मैगनीज, फास्फोरस और गधक की काफी मात्रा समाविष्ट हो जाती है। आक्साइडो के रूप मे विद्यमान पदार्थ मल मे चले जाते है। विशालकाय प्रवात फर्नेस से श्वेत गरम पिग लोह का त्रोटन दिन मे चार पाँच बार किया जाता है। ये फर्नेसें निरन्तर रात दिन कई वर्षो तक पिग लोह का उत्पादन करती रहती है। एक बार प्रकार्य प्रारंभ होने के बाद लगभग सात आठ वर्ष तक फर्नेस का आन्दोलन बराबर चलता रहता है और प्रति दिन लगभग १००० टन पिग लोह का उत्पादन होता है। यह उत्पादन प्राप्त करने के लिए लगभग १८०० टन लोह ओर, १००० टन कोक, ५०० टन चून पत्थर फर्नेस के शीर्ष से चार्जित किये जाते है और लगभग ४००० टन वायु-प्रवात क्षिपो द्वारा भेजा जाता है। पिग लोह के अतिरिक्त लगभग ६०० टन मल और ५७०० टन प्रवात फर्नेस गैस की

१. Tuyere or twyer वायु निकलने का छिद्र

चित्र ९—प्रवात भट्ठी का खंड (पृ० ३९)

प्राप्ति होती है। कार्यन में फर्नेस के कुछ अंगों (क्षिप, उदर और कूप) को शीतल रखने के लिए दस लाख गैलन से अधिक जल और अग्निरोधक अस्तर बनाने में लगभग दस लाख तापसह ईंटों की आवश्यकता पड़ती है।

प्रवात भट्ठी की रचना

चित्र ९ में प्रवात भट्ठी का खंड दिखाया गया है। आधुनिक भट्ठा लगभग १०० फुट ऊँची होती है तथा इसके सबसे चौड़े अंग का व्यास लगभग ३० फुट होता है। फर्नेस का बाहरी पंजर आध इंच मोटाई के इस्पात पट्टों का बनाया जाता है, जिसके भीतर दो से पाँच फुट मोटा फायर क्ले ईंटों का अस्तर लगाया जाता है। फर्नेस का ऊपरी भाग, जो ऊपर से नीचे की ओर क्रमशः चौड़ा होता जाता है, 'चानक' कहलाता है। चानक का निचला भाग बीड़ के बने १२ या १६ मजबूत स्तंभों पर सधा रहता है। ऊर्ध्व-गामी तप्त गैसों द्वारा गरम होकर चार्ज का आयतन बढ़ जाने से चानक को क्रमशः नीचे चौड़ा बनाया जाता है। चानक से नीचेवाला भाग 'उदर' कहलाता है जो फर्नेस का अधिकतम तप्त भाग होता है। उदर एक छोटे रम्भाकार कूप के ऊपर स्थित रहता है। चानक और उदर का संधि-स्थल फर्नेस का सर्वाधिक चौड़ा भाग होता है। कूप की गहराई लगभग १० फुट और व्यास लगभग २५ फुट होता है। गलित धातु और मल इसी कूप में एकत्र होते रहते है और समय-समय पर मल-छिद्र और धातु-छिद्र खोल-कर फर्नेस के बाहर निकाले जाते हैं। नितल से लगभग ८ फुट की ऊँचाई पर १० से १६ क्षिप फर्नेस की परिधि में सम वितरित रहते है और विधि में आवश्यक वायु का संभरण करते हैं। प्रवात भट्ठी गैस के निष्क्रमण के लिए भट्ठी के शीर्ष में दो नाड लगे रहते है जिन्हें अधोगामी कहा जाता है।

प्रवात भट्ठी संयंत्र[1]

प्रवात भट्ठी में पिग लोह की इतनी अधिक मात्रा उत्पादित करने के

१. Plant

लिए आवश्यक कच्चे पदार्थो और फर्नेस से प्राप्त उत्पादो पर हम ऊपर विचार कर चुके है। पिग लोह के उत्पादन मे प्रवात फर्नेस के अतिरिक्त निम्नलिखित अन्य प्रसाधन आवश्यक होते है—

(१) चार्जिग प्रसाधन
(२) धमन यंत्र
(३) स्टोव
(४) उदंचन संयत्र[1]
(५) गैस सफाई संयंत्र

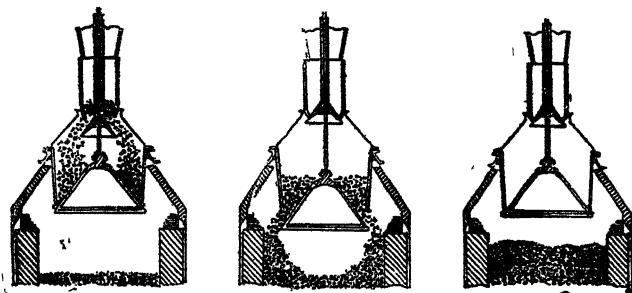
चार्जिग प्रसाधन

भट्ठी मे प्रति दिन हजारो टन कच्चे पदार्थो का चार्जन करने की सुविधा होना आवश्यक है। लोह ओर, चून पत्थर, कोक इत्यादि का संचय फर्नेस मंचक के सामने बनी हुई बिनो[2] मे किया जाता है। लोह 'ओर' और चून पत्थर खानो से लाकर इन बिनो में सगृहीत किये जाते हैं। इनकी काफी मात्रा संचय में रखी जाती है, जिससे किसी दुर्घटना अथवा आवागमन की कठिनाई के कारण ओर (अयस्क) और चून पत्थर का सभरण[3] अस्थायी रूप से रुक जाने पर फर्नेस के कार्यन मे कोई गडबडी न हो। बाहर से आये हुए ओर और फ्लक्सो के वैगन बिनो के ऊपर रेलो की पटरी पर खडे किये जाते हैं और नीचे का द्वार खोलकर ये पदार्थ बिनो मे अलग-अलग गिरा दिये जाते है। पादप (सयत्र) इस भाग को 'ऊँची पटरी' कहा जाता है, कारण कि रेल की पटरी बिनो के ऊपर धरातल से काफी ऊँची रहती है।

फर्नेस को चार्जित करने के लिए चार्जन कार मे विभिन्न बिनो से कच्चे

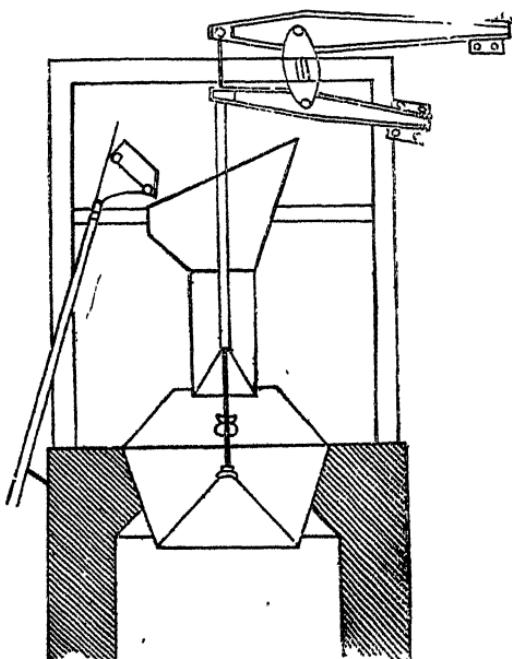
१. Pumping plant
२. Bin
३. Supply

पदार्थ तौलकर निकाले जाते है। कोक बहुधा कोक ओवनों से लाकर कोक बिनों में रखा जाता है और चार्जन कार मे भरा जाता है। फर्नेस में ओर, फ्लक्स और कोक का चार्जन अनुपात फर्नेस के कार्यन के आधार पर पूर्व निश्चित कर दिया जाता है। चार्जन कार विभिन्न पदार्थों को स्किप में गिराती है। प्रत्येक आधुनिक फर्नेस में दो स्किप मार्ग बने रहते हैं। एक भारयुक्त स्किप जब ऊपर जाती है तब दूसरी खाली स्किप[1] फर्नेस के नीचे उतरती है। इस प्रकार फर्नेस का चार्जन उचित अनुपात में शीर्ष से किया जाता है।

फर्नेस के शीर्ष पर चार्जन करते समय गैसों का मुँह से निष्क्रमण रोकने तथा फर्नेस मे चार्ज का सम वितरण करने के लिए विशेष प्रबंध रहता है, जिसे 'कटोर और शंकु विन्यास' कहते है। चित्र १० मे फर्नेस के शीर्ष पर

चित्र १०—कटोर और शंकुविन्यास

स्थित, कटोर और शंकु विन्यास[2] की विभिन्न स्थितियाँ स्पष्ट की गयी है। स्किप का चार्ज अधोवाप[3] मे गिराया जाता है जो छोटा घंटा खुलने पर बडे

१. Skip बड़ी बाल्टी या झूला
२. Cup and cone arrangement
३. Hopper

घंटे मे गिर जाता है। छोटा घटा प्रत्येक बार पूरा एक घान (जिसमे छ. या अधिक स्किप भार होते है) चार्ज गिराकर साठ अश घूम जाता है। चित्र ११ मे छोटे घंटे की विभिन्न स्थितियाँ दिखायी गयी है। छोटे घटे के छ. या अधिक बार खुलकर बंद होने के बाद बड़ा घंटा खोलकर चार्ज फर्नेस में गिराया जाता है। बडा घंटा खुलने के समय छोटा घंटा बन्द रहता है।

चित्र ११—छोटे घण्टे की विभिन्न स्थितियाँ

इस प्रकार हर समय दो घंटों मे से एक बंद रहकर फर्नेस गैसों को मुँह से बाहर नहीं जाने देता। फर्नेस में चार्ज की सतह का निर्देश करने के लिए एक इस्पात दंड लटकाया जाता है। जैसे जैसे फर्नेस में चार्ज नीचे खिसकता है यह निर्देशक दड (जो चार्ज की ऊपरी सतह पर टिका रहता है) भी नीचे

उतरता है और विद्युतीय विन्यासो की सहायता से स्वयमेव फर्नेस मे चार्ज की स्थिति बताता रहता है। निश्चित निचाई तक चार्ज के खिसकने पर बड़ा घंटा खोलकर फर्नेस को चार्जित किया जाता है।

फर्नेस का सुचारु-कार्यन अनेक घटको पर निर्भर रहता है, जिनमे कच्चे पदार्थो का फर्नेस के अदर सम वितरण बहुत महत्त्वपूर्ण है। इसी कारण प्रत्येक घान के बाद छोटे घटे को ६० अंश घुमा दिया जाता है।

धमन यंत्र

विशाल धमन यत्रो द्वारा लगभग एक लाख घनफुट तप्त वायु-प्रवात १५ से ३० पौंड प्रति वर्गइंच के दबाव पर फर्नेस मे क्षिपो[१] द्वारा धमित किया जाता है। फर्नेस मे भेजने के पहले प्रवात को स्टोव मे पूर्व-तप्त किया जाता है। एक टन पिग लोह के उत्पादन मे लगभग चार टन वायु की आवश्यकता होती है। इतनी अधिक मात्रा मे वायु को दबाव पर धमित करने के लिए विशालकाय यंत्र उपयोग मे लाये जाते है। वर्तमान समय में व्युत्क्रमिक[२] इंजनो की तुलना मे वाष्प अथवा विद्युत-चालित वरीवर्त न्यंचों[३] का उपयोग अधिक लोकप्रिय हुआ है। इनके संस्थापन मे कम स्थान लगता है, संधारण व्यय कम होता है, अधिक प्रेरण पर समान गतिशील प्रवात की प्राप्ति होती है तथा इन्हे विद्युत द्वारा भी चालित किया जा सकता है। व्युत्क्रमिक इंजनो द्वारा प्राप्त प्रवात मे स्पन्दन विद्यमान रहते हैं।

स्टोव

फर्नेस मे प्रवात का धमन करने के पूर्व उसे स्टोवो मे तापित किया जाता है। जब शीतल प्रवात का धमन किया जाता था, प्रति टन पिग लोह

१ Tuyere
२ Reciprocating
३ Pump

का उत्पादन करने के लिए लगभग ८ टन कोक की आवश्यकता होती थी। प्रवात को लगभग ७००° से० तक पूर्व तापित करने से कोक की खपत घटकर एक टन से कम रह गयी है। निम्नलिखित लाभो के कारण वायु का स्टोवो मे पूर्व तापन सर्वत्र लोकप्रिय हो गया है—

(१) फर्नेस मे कोक की खपत बहुत घट जाती है।

(२) फर्नेस के उदर मे उद्भावित ताप की प्रचंडता के फलस्वरूप प्रद्रावण गति त्वरित हो जाती है।

(३) द्रुत प्रद्रावण गति के फलस्वरूप अधिक धारिता वाली फर्नेसों का गठन संभव हो सका है।

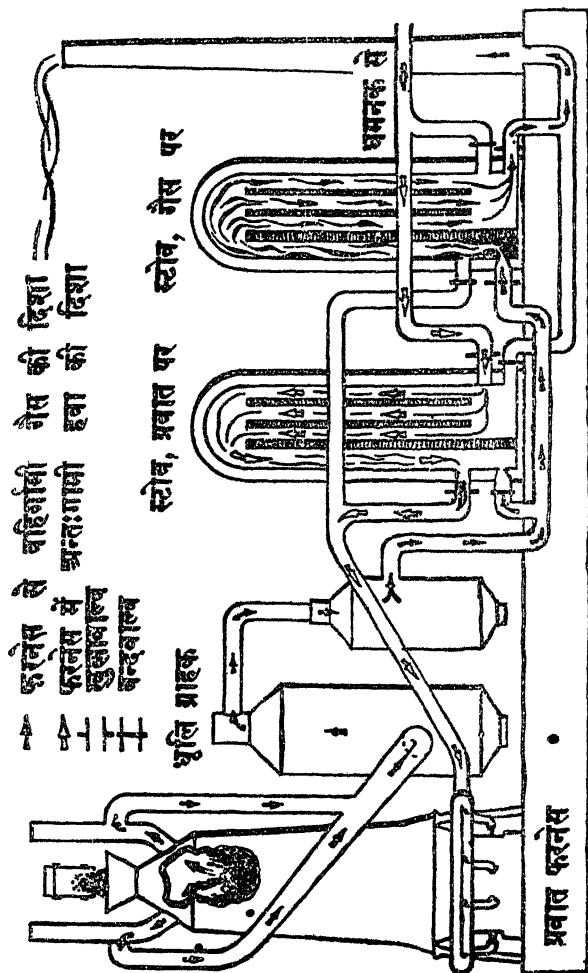
(४) प्रवात के ताप को बदलकर फर्नेस के उदर मे उद्भावित ताप पर और इस प्रकार उत्पादित पिग लोह की श्रेणी पर समुचित नियंत्रण करना संभव हो सका है।

(५) ईंधन की खपत घट जाने के कारण वायु की अपेक्षाकृत कम मात्रा धमन करनी पडती है। इस प्रकार प्रवात फर्नेस गैसो मे कमी से संवेद्य ऊष्मा की हानि कम हो जाती है।

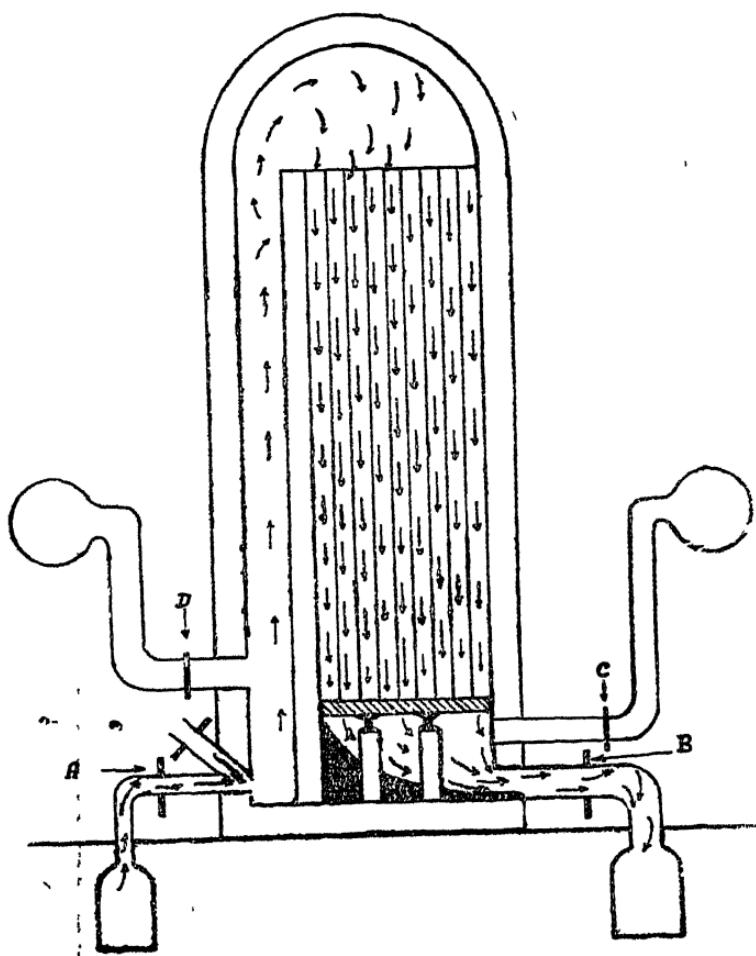
(६) ऊर्ध्वगामी गैसों की मात्रा कम होने के कारण अधोगामी चार्ज शीघ्रता से गैसो की संवेद्य ऊष्मा[१] ग्रहण कर लेता है, जिससे फर्नेस का शीर्ष अपेक्षाकृत शीतल रहता है।

(७) फर्नेस गैसो का लगभग २० से २५ प्रतिशत भाग प्रवात का पूर्व ऊष्मन करने के लिए उपयोग मे आता है और इस प्रकार यह वर्चसीय[२] ऊष्मा पुन फर्नेस में जाकर उसकी कुल तापीय निष्पत्ति को बढा देती है। प्रवात की मात्रा में कमी होने से छोटे धमन यंत्रों की आवश्यकता पडती है।

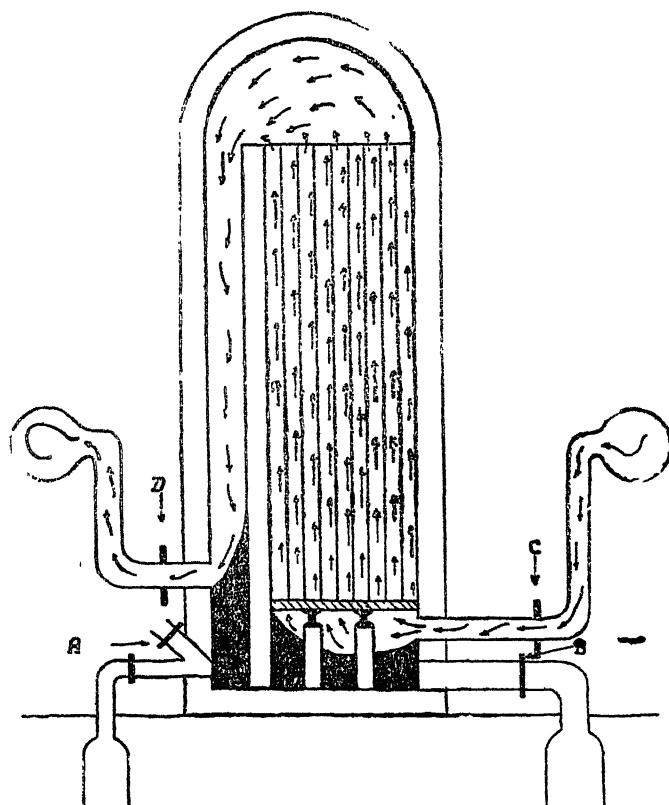
१. Sensible heat

२. Potential अतर्निहित

चित्र १२—प्रवात फर्नेस व स्टोव की स्थिति

प्रवात का ताप साधारणत ५५०° से ७००° से० रखा जाता है। इससे अधिक ताप बढाने का प्रयत्न करने पर बार-बार स्टोव बदलने पड़ते हैं,

प्रवात का ताप सम रखना कठिन हो जाता है, स्टोवों में लगे वाल्व इत्यादि

चित्र १३ क—उष्ण प्रवात स्टोव (गैस पर)

शीघ्रता से विफल होने लगते है और ईंधन की खपत इतनी कम हो जाती

है कि उसके दहन से उत्पादित गैसे चानक[1] में चार्ज का संतोषपूर्ण सज्जन

चित्र १३ ख—उष्ण प्रवात स्टोव (हवा पर)

१. Shaft (ईषा ?)

नही कर पाती। अधोगामी चार्ज चानक में भली प्रकार तैयार न होने पर फर्नेस के कार्यन मे गड़बडी होने लगती है।

वायु-प्रवात ऊष्मित करने के लिए स्टोव काम मे लाये जाते है। एक फर्नेस के साथ तीन या चार स्टोव रहते है। इनकी परिमा लगभग प्रवात फर्नेस के बराबर ही रहती है। चित्र १२ मे प्रवात फर्नेस और स्टोव की स्थिति दिखायी गयी है। स्टोव रम्भाकार और इसका ऊपरी भाग गुबजाकार होता है। भीतर, सुषिर फायर क्ले ईटो का अस्तर लगाकर **चित्र १३** मे दिखलाये गये आकार-जैसे दो खंड बनाये जाते है—

(१) दहन कक्ष

(२) चैकर जालियाँ

दहन कक्ष मे प्रवात फर्नेस गैस (कार्बन मोनाक्साइड) जलायी जाती है और दहन उत्पाद ऊपर उठकर चैकर की जालियो को ऊष्मित करते हुए स्टोव के बाहर जाते है। प्रवात फर्नेस गैस जलाकर ताप बढाते समय स्टोव को 'गैस पर' कहा जाता है। स्टोव मे प्रवात प्रवाहित कर उसका ताप बढाने का प्रकार्य[१] 'प्रवात पर' कहलाता है। सामान्यतः एक स्टोव तीन घंटे गैस पर रखकर गरम किया जाता है और लगभग एक घटा वायु प्रवात को ऊष्मित करने मे प्रयुक्त होता है।

स्टोव के चैकर की जालियाँ सुषिर फायर क्ले ईटो की बनायी जाती है। दहन उत्पादो से इनकी ताप ग्रहण करने की क्षमता और प्रवात को ताप प्रदान करने की सामर्थ्य अधिक होती है। जालियों के दरों को चौकोर, गोल अथवा अन्य किसी आकार का बनाकर अधिकतम तापन क्षेत्र उपलब्ध करने का प्रयत्न किया जाता है। तापसह[३] अस्तर और स्टोव के बाहरी कर्पर[२] के बीच में ताप की हानि रोकने के लिए अदह[३] तल्प लगाया जाता है।

१ Operation

२. Shell

३. Asbestos pad

प्रवात मे विद्यमान वाष्प की मात्रा अचर[1] रखना महत्त्वपूर्ण है। कुछ वर्षों पहले तक प्रवात की आर्द्रता कम करने के प्रयत्न किये जाते थे, कारण कि वाष्प का विबंधन[2] ताप-शोषक प्रक्रिया है। वर्तमान समय मे गवेषणा के फलस्वरूप यह सिद्ध हो चुका है कि प्रवात को आर्द्रता-मुक्त बनाने की अपेक्षा उसमें वाष्प मिलाकर आर्द्रता सम रखना अधिक सरल और सुविधा-जनक है। ताप-शोषक प्रक्रिया से हुई ऊष्मा की हानि को पूरा करने के लिए प्रवात का ताप अधिक कर दिया जाता है। इस प्रकार अचर आर्द्रता युक्त प्रवात का उपयोग करने से फर्नेस का प्रकार्य सुचारु हो जाता है, प्रक्रिया की निष्पत्ति बढ जाती है और कोक की खपत घट जाती है।

उदंचन संयंत्र

प्रवात फर्नेस प्रकार्य मे फर्नेस के विभिन्न अंगो को शीतल रखने, बायलरो में वाष्प का उत्पादन करने और प्रवात फर्नेस गैस की सफाई के लिए अत्यधिक मात्रा में जल की आवश्यकता होती है। सामान्यतः एक फर्नेस से संबद्ध उपर्युक्त सभी कार्यों के लिए प्रति दिन ६० लाख गैलन जल की आवश्यकता होती है। अतः लोह और इस्पात कर्मक[3] की स्थापना करने के पूर्व जल की उपलब्धि पर विचार करना आवश्यक है। उदंचन के लिए अपकेन्द्र उदच सर्वत्र लोकप्रिय हो गये है। फर्नेस के उदर, क्षिपों और कूप को शीतल करना आवश्यक है, अन्यथा अति प्रचंड ताप के कारण वे शीघ्र ही जल जायँगे। प्रति फर्नेस दो उदंच रखे जाते हैं, जिससे किन्ही कारणों वश यदि एक उदंच विफल हो जाय तो तुरंत ही दूसरे को चला दिया जाता है।

१. Constant

२. Decomposition, विच्छेदन

३. Works

गैस-सफाई संयंत्र

फर्नेस के अधोगामी[१] से निकली गैस धूलि-कणों से लदी रहती है। उसका औसत रासायनिक संगठन इस प्रकार होता है—

CO_2	—	12%
CO	—	28%
CH_4 और H_2	—	1%
N_2	—	शेष

इसकी ऊष्मीय अर्हा[२] ९० से १०५ ब्रिटिश ऊष्मा मात्रक[३] होती है। स्थूल रूप से यह अनुमान लगाया गया है कि फर्नेस की कुल ऊष्मा की आदा[४] का लगभग ६० प्रतिशत प्रवात फर्नेस गैस की वर्चसीय ऊष्मा के रूप मे बाहर निकल आता है। अत. विधि में उत्तम तापीय निष्पत्ति के लिए यह आवश्यक है कि प्रवात फर्नेस गैस का समुचित सदुपयोग किया जाय। प्रवात फर्नेस गैस को साफ कर उपयोग करने से निम्नलिखित लाभ होते है—

(१) धूलि-मुक्त गैस की दहन निष्पत्ति (दक्षता) श्रेष्ठ होती है। यदि गैस धूलिकणो से लदी हो तो उसका दहन ठीक रूप में नही हो पाता, कारण कि विद्यमान धूलिकण दहन को परिमन्द कर देते है।

(२) साफ गैस का उपयोग करने से स्टोव के छिद्र रुँधते नहीं है।

(३) गैस में विद्यमान धूलिकण लगातार बमबाजी कर पारणों[५] इत्यादि का अपघर्षण करते हैं।

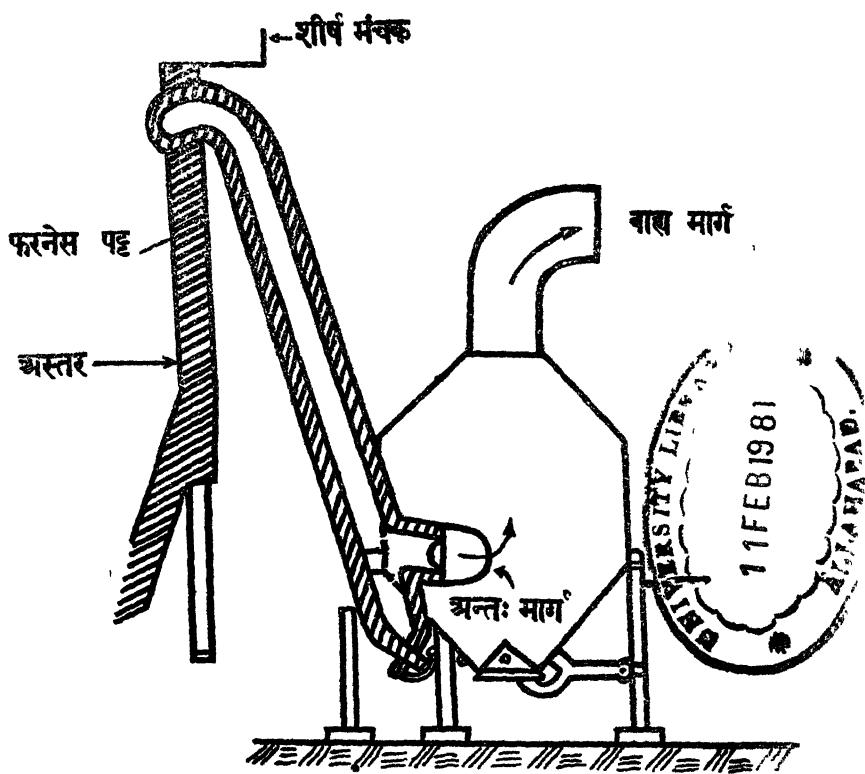
१. Downcomer

२. Calorific value

३. British Thermal Unit

४. Input

५. Passage

(४) साफ गैस के उपयोग में दहन का नियंत्रण सुचारु रूप से किया जा सकता है।

चित्र १४—धूलिधारक का कार्यकारी सिद्धान्त

(५) धूलि न रहने पर स्टोव के चैकर के दरों को छोटा रखा जा सकता है, जिससे ऊष्मन का तल क्षेत्र बढ जाता है।

(६) धूलि मे कुछ क्षारीय तत्त्व भी विद्यमान रहते है जो स्टोव के तापसह पदार्थों मे निक्षेपित होकर उनका स्यदन कर देते है।

प्रवात फर्नेस गैस की सफाई के लिए सामान्यत: निम्नलिखित रीतियाँ उपयोग मे लायी जाती है—

(१) धूलि-धारक
(२) जलीय प्रक्षालक
(३) विद्युतीय अवक्षेपक[1]

धूलि-धारक

धूलि की सफाई करनेवाले सभी प्रसाधनो मे इसका गठन सबसे सरल होती है। चित्र १४ में धूलि-धारक का कार्यन सिद्धान्त स्पष्ट किया गया है। प्रवाह की दिशा मे परिवर्तन और अचानक आयतन में वृद्धि के कारण गैस की धूलि-परिवहन सामर्थ्य कम हो जाती है और धूलि के बडे कण नीचे गिर जाते है। सामान्य प्रवात फर्नेस प्रविधि में गैसों की धूलिमात्रा, धूलि-धारक में प्रवेश करने के पूर्व लगभग ५ कण प्रति घनफुट रहती है जो धूलि-धारक से बाहर निकलते समय १·५ कण प्रति घनफुट रह जाती है। प्रवात फर्नेस के अधोगामी[2] में बडे धूलिकणों को हटाने के लिए सर्वत्र धूलि-धारको का उपयोग किया जाता है।

गैस का जलीय प्रक्षालन

गैस का जलीय प्रक्षालन करने के लिए ऊँचे प्रस्थाणु[3] प्रयुक्त होते हैं। इनमें गैस नीचे से प्रवेश करती है और शीर्ष से जल की फुहारें छोडी जाती है। ऊर्ध्वगामी गैस मे विद्यमान धूलिकण गीले होकर जल के साथ

१. Precipitant
२. Downcomer
३. Tower

बह जाते है और इस प्रकार प्रक्षालक से बाहर आनेवाली गैस में धूलि की मात्रा ०·२५ से ०·३ कण प्रति घनफुट रह जाती है। कभी-कभी एक से अधिक प्रक्षालकों का श्रेणी में उपयोग किया जाता है। एक प्रक्षालक से बाहर निकली गैस को दूसरे प्रक्षालक में भेजकर साफ किया जाता है।

विद्युतीय अवक्षेपक

जलीय प्रक्षालक से बाहर निकली गैस की अंतिम सफाई विद्युतीय अवक्षेपको मे की जाती है। गैस विद्युदग्र अ और भूयुक्त विद्युदग्र ब के बीच मे प्रवाहित होती है। धूलि के कण चार्जित होकर विद्युदग्र अ से प्रतिकर्षित होकर विद्युदग्र ब पर निक्षेपित हो जाते है, जहाँ कि वे जल के प्रवाह द्वारा नीचे बहा दिये जाते है। इस प्रकार गैस मे धूलि की मात्रा ० ००५ कण प्रति घनफुट रह जाती है।

कच्चे पदार्थों की प्रकृति का महत्त्व

प्रवात फर्नेस के नियमित और सुचारु प्रकार्य के लिए उसमे चार्जित कच्चे पदार्थों की प्रकृति पर समुचित ध्यान देना आवश्यक है। सभी पदार्थों में अशुद्धियाँ यथासंभव कम होनी चाहिए।

१ः लोह 'ओर'—

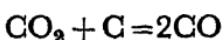
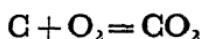
फर्नेस मे 'ओर' (अयस्क) के ४ इच से छोटे पिंड चार्जित किये जाते हैं। अधिक बडे ढेलों का सरलतापूर्वक अपचयन नही होता और सूक्ष्म कण ऊर्ध्वगामी गैसों का मार्ग अवरुद्ध कर अनेक कठिनाइयो को जन्म देते है। अयस्क के अपचयन के लिए उसकी सुषिरता महत्त्वपूर्ण है। इसी कारण फर्नेस प्रभार मे साद[1] पसंद किया जाता है। सामान्यत मैगनेटाइट ओर

१. Sinter

की अपेक्षा हेमेटाइट की अपचायकता अधिक होती है। बहुधा कई खानों से आये ओरो को उचित अनुपात में मिलाकर फर्नेस मे चार्जित किया जाता है। 'ओर' की समर्दन शक्ति[१] श्रेष्ठ होनी चाहिए, अन्यथा वह शीघ्रता से चूरित हो जायगा।

(२) कोक —

बड़ी और सम परिमा कोक के लिए अधिक महत्त्वपूर्ण है, कारण कि इसके छोटे कणो को फर्नेस के ऊपरी भाग मे प्रक्रिया द्वारा हानि पहुँचती है —

$$C + O_2 = CO_2$$
$$CO_2 + C = 2CO$$

प्रवात फर्नेस कोक मे राख, गंधक और फास्फोरस की मात्रा कम होना अपेक्षित है। राख मे वृद्धि के साथ कोक की ऊष्मीय अर्हा घट जाती है, जिससे फर्नेस के उदर मे उद्भावित ताप मे अवांछनीय कमी आ जाती है।

कोक फर्नेस मे अपचयन और ऊष्मा प्रदान करता है। यही फर्नेस के उदर मे ठोस दशा मे प्रवेश करता है। चार्ज के अन्य घटक उदर में प्रविष्ट होने के पूर्व ही लेपी और द्रवित हो जाते है। अच्छे कोक की समर्दन शक्ति ५०० से १००० पौड प्रति वर्गइंच, सुषिरता ३५ से ५० प्रतिशत और ऊष्मीय अर्हा ११००० से १३००० ब्रि० उ० मा० होनी चाहिए।

चून पत्थर—

यह सामान्यत ओर (अयस्क) के साथ मिश्रित कर फर्नेस मे चार्जित किया जाता है। ओर के समान चून पत्थर की परिमा महत्त्वपूर्ण है। इसके साथ अशुद्धि के रूप में सिलिका के सिध्म[२] होने से उपलब्ध

१. Crushing power

२. Pitch

क्षार कम हो जाता है। इस कारण अधिक फ्लक्स (स्यदन) चार्ज करना पड़ता है।

विधि का रसायन—

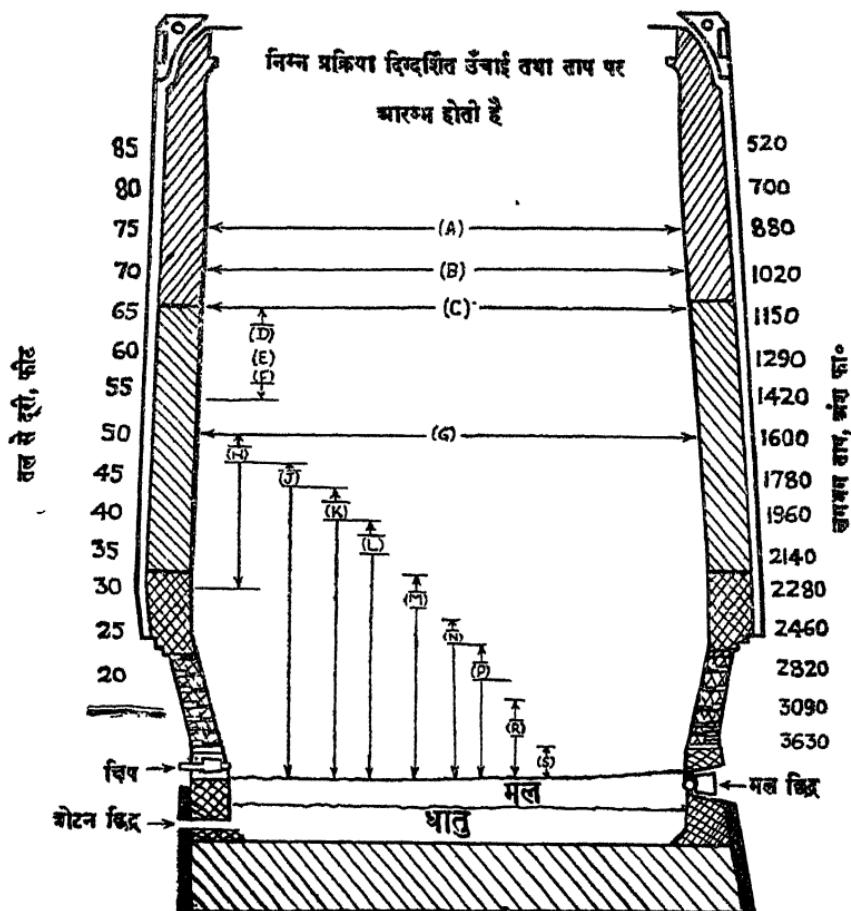
शीर्ष से चार्जित होने पर प्रभार धीरे-धीरे फर्नेस मे अवरोहित होता है और उसका ताप बढ़ता जाता है। फर्नेस के मुँह का ताप लगभग २००° से० होता है और क्षिपों के संतल पर बढ़कर लगभग १८००° से० हो जाता है। ताप की वृद्धि के साथ-साथ गैसों की अपचयन तीव्रता भी अधिक होती जाती है। CO और CO_2 के योग मे CO की प्रतिशतता क्षिपो के संतल पर १००% और फर्नेस के मुँह मे लगभग ७०% रहती है।

फर्नेस के मुँह से क्षिपो के संतल[1] तक (८५ से ९० फुट) की यात्रा मे चार्ज को लगभग १५ घंटे लग जाते है। यही दूरी उलटी दिशा मे गैसे एक मिनट से कम समय मे पार कर लेती हैं। अवरोहण मे ठोस पदार्थो का क्रमश. ऊष्मन और अपचयन[2] होता है। चार्ज मे कोक ही ऐसा पदार्थ है जो क्षिपो के सतल तक ठोस दशा में रह पाता है। अन्य सभी पदार्थ उदर मे प्रविष्ट होते होते द्रवित हो जाते हैं। विभिन्न प्रक्रियाओ के अनुसार फर्नेस को निम्नलिखित प्रदेशों मे विभक्त किया जा सकता है। इन प्रदेशो का एक दूसरे से स्पष्ट विलगन नही रहता। वे एक दूसरे मे क्रमश विलीन होते है।

(१) तापन और शुष्कन प्रदेश—

फर्नेस मे प्रवेश करते ही चार्ज का शीर्ष से बाहर निकलती गैसो से सम्पर्क होता है। इन गैसो का ताप लगभग २००° से० रहता है। फर्नेस

१. Level
२. Reduction

में लगभग १० फुट अवरोहण में चार्ज का ताप ४००° से० हो जाता है और उसकी आर्द्रता निकल जाती है।

चित्र १५—प्रवात फर्नेस के विभिन्न प्रक्रिया क्षेत्र

(२) अपचायक प्रदेश—

अधिक नीचे उतरने पर तापमान तथा कार्बन और CO की अपचयन

प्रचंडता बढती जाती है। लगभग ५० फुट नीचे आने तक चार्ज के लोह आक्साइड का अपचयन हो जाता है। इस संतल पर विद्यमान ताप लगभग १०५०° से० समझना चाहिए। लोह आक्साइड का अपचयन निम्नलिखित क्रम से होता है—

$Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$

इस प्रदेश के शीर्ष भाग मे Fe_2O_3 और Fe_3O_4 तथा निचले भाग मे FeO और Fe अधिक स्थायी रहते हैं। इस कारण यदि शीर्ष भाग मे Fe_2O_3 का अपचयन होकर धातुकीय लोह बन भी जाय तो उसके पुनः आक्सीकरण की उग्र प्रवृत्ति रहेगी।

(३) चून पत्थर का निस्तापन[१]—

अपचायक प्रदेश के निचले भाग मे चून पत्थर का निस्तापन होकर CaO और CO_2 की प्राप्ति होने लगती है। CaO की फ्लक्सन (स्यंदन) क्रिया प्रारंभ हो जाती है और निकसित CO_2 फर्नेस गैसो के साथ ऊपर उठती है।

(४) प्रारंभिक मल का करण—

यह प्रदेश उदर के शीर्ष भाग के समीप स्थित रहता है, जहाँ पदार्थ लेपी दशा मे प्रवेश करते हैं और द्रवित होने लगते है। कम [illegible]ांक वाले खनिज द्रवित हो जाते है और SiO_2 तथा FeO की प्रक्रिया होकर सुगलनीय मल बन जाता है। अपचयित स्पंजी लोह (जो इस यात्रा में कार्बनित हो जाता है) धीरे-धीरे द्रवित होने लगता है। गलित मल (जिसमे FeO की मात्रा लगभग ३५% होती है) कोक और चूने के टुकडों पर से बहता हुआ फर्नेस के अधिकतम तापवाले प्रदेश मे प्रवेश करता है, जहाँ

१. Calcination

CaO और MgO, FeO को विस्थापित कर देते हैं और लोह आक्साइड का अपचयन हो जाता है।

(५) अंतिम प्रक्रियाएँ

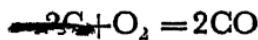
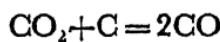
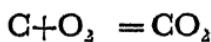
इस प्रदेश मे रासायनिक सक्रियता की प्रचडता अत्यधिक होती है। वातावरण प्रबल अपचायक और ताप अधिकतम (लगभग १८००° से०) रहता है। आंशिक रूप मे कार्बनित द्रवित लोह श्वेत गरम कोक के संपर्क मे आकर अति तप्त और कार्बन से सतृप्त हो जाता है। इसी प्रदेश मे SiO_2, MnO, P_2O_5 का अपचयन होता है और प्रक्रिया के फलस्वरूप प्राप्त तत्त्व धातु मे विलयित हो जाते है। उच्च ताप और क्षारीय तरल मल के कारण धातु का गंधकहरण[१] होता है। चित्र १५ मे फर्नेस मे विभिन्न प्रदेश दिखाये गये है।

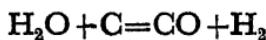
ऊर्ध्वगामी गैसें —

वायु-प्रवात क्षिपो द्वारा फर्नेस मे प्रवेश करता है और कोक का दहन करता है।

$$C+O_2 = CO_2$$

$$CO_2+C = 2CO$$

$$2C+O_2 = 2CO$$

प्रवात मे विद्यमान वाष्प उत्तापदोप्त कोक के संपर्क मे आकर विबंधित[२] होता है।

$$H_2O+C=CO+H_2$$

इस समय गैसो का सैद्धान्तिक विश्लेषण इस प्रकार का होता है —

१. Desulphurization

२. Decomposed

$CO - 35\%$
$N_2 - 64\%$
$H_2 - 1\%$

इस प्रदेश का ताप अत्यधिक उच्च होने के कारण CO_2 यहाँ स्थायी नही रह सकती। कार्बन का दहन होकर शत-प्रतिशत CO गैस बनती है। इस कारण इसे 'CO_2 अस्थिरता प्रदेश' भी कहते है। यहाँ CO द्वारा अपचयन संभव नही है। जो भी अपचयन इस प्रदेग में होता है वह प्रत्यक्ष रूप मे कार्बन द्वारा होता है।

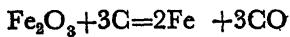
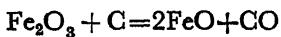
गैसो के ऊपर उठने पर CO_2 की स्थिरता अधिक होती जाती है और $CO_2 + C = 2CO$ की गति कम होती जाती है। चून पत्थर निस्तापन प्रदेश मे CO_2 की काफी मात्रा निकासित होती है और लोह आक्साइड के अपचयन से भी CO_2 का उत्पादन होता है।

विलयन हानि—

फर्नेस मे चार्जित फ्लक्स का निस्तापन ६००° से० पर प्रारंभ होकर १०००° से० तक चलता रहता है। इस ताप परास मे CO_2 और कार्बन की प्रक्रिया होकर CO गैस बनती है। इसे 'विलयन हानि' कहते है। ऐसा अनुमान किया गया है कि इस प्रकार फ्लक्स (स्यदन) के भार की ८ प्रतिशत कार्बन की हानि होती है।

विलयन हानि निम्नलिखित प्रक्रियाओ के फलस्वरूप भी होती है—

$Fe_2O_3 + C = 2FeO + CO$

$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$

उपर्युक्त प्रक्रियाएँ अयस्क और ईंधन के प्रत्यक्ष सपर्क से होती है। इस कारण यदि प्रभार मे चूर्णित अयस्क[१] अधिक हो जाय तो विलयन हानि बढ जाती है।

१. Powdered ore

MgO क्षारीयता बढ़ाते है और मल को विगंधकीकरण की शक्ति देते है। MgO की उपस्थिति से मल की तरलता बढ़ती है और इस प्रकार परोक्षरूप मे विगंधकीकरण मे सहायता मिलती है। SiO_2 मल का प्रधान अम्लीय घटक रहता है। Al_2O_3 का आचरण उभयधर्मी होता है। प्रवात फर्नेस मल में इसकी मात्रा लगभग १६% रहना अपेक्षित है, इससे कम या अधिक मात्रा होने पर मल की श्यानता बढ़ जाती है और फर्नेस के कार्यन मे कठिनाई होने लगती है। भारतीय प्रवात फर्नेसो का प्रकार्य, मल में Al_2O_3 की मात्रा अधिक (२६%) होने के कारण जटिल हो गया है।

मल के रासायनिक समास[१] और आचरण पर पिग लोह् का रासायनिक विश्लेषण निर्भर रहता है। बिगंधकीकरण के लिए क्षारीय मल होना आवश्यक है परन्तु केवल CaO द्वारा मल की क्षारीयता बढ़ाने से तरलता की कमी के कारण विगंधकीकरण संतोषप्रद नही होता। इसके लिए MgO की उपस्थिति आवश्यक है। Al_2O_3 मल के "मुक्त प्रवाह ताप" का उन्नयन कर पिग लोह् में अधिक सिलिकन की प्रवृत्ति बढ़ाता है और मल को तनु बनाकर उसकी क्षारीयता कम कर देता है। यह विगंधकीकरण के लिए वाछनीय नही है। मैगनीज़ और गंधक की घनिष्ठ बन्धुता होने के कारण चार्ज मे मैंगनीज की उपस्थिति विगंधकीकरण मे योग देती है। [illegible] के फलस्वरूप प्राप्त MnS धातु में अविलेय होने के कारण ऊपर उठकर सरलता से मल में मिल जाता है। मल मे $\frac{CaO + MgO}{SiO_2}$ के अनुपात को क्षारीयता कहते है। कोक विधि मे मल की क्षारीयता का परास १·३ से १·४ होता है।

१. Composition

पिग लोह् के रासायनिक समास का नियंत्रण

सिलिकन

पिग लोह् मे सिलिकन की मात्रा बहुत महत्त्वपूर्ण है। विभिन्न इस्पात उत्पादन विधियो मे सिलिकन की मात्रा का व्यापक प्रभाव पड़ता है। इस पर आगे विस्तारपूर्वक विचार किया गया है। पिग लोह् में सिलिकन की मात्रा निम्नलिखित घटकों पर निर्भर रहती है—

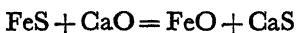
(१) **ताप**—फर्नेस के उदर मे उद्भूत ताप जितना उच्च होगा, सिलिकन की उतनी ही अधिक मात्रा अपचयित होकर धातु मे समाविष्ट होगी।

(२) **मल का संगठन**—मल मे अधिक क्षारीयता होने पर SiO_2 चूने के साथ प्रक्रिया कर मल मे प्रविष्ट होगा। अत्यधिक CaO की उपस्थिति से मल का मुक्त प्रवाह ताप इतना अधिक उन्नयित हो जाता है कि फर्नेस प्रकार्य मे कभी-कभी चून पत्थर की मात्रा बढाने पर धातु मे सिलिकन की प्रतिशतता अधिक होने का विरोधाभास होता है। चार्ज मे विद्यमान Al_2O_3 मल की क्षारीयता को तनु करता है और मुक्त प्रवाह् ताप को उठाता है, जिसके कारण पिग लोह् मे सिलिकन की अधिक मात्रा होने की प्रवृत्ति बढ जाती है। इसके विपरीत MgO, मल की क्षारीयता को का[illegible]ते हुए उसकी तरलता मे वृद्धि कर सिलिकन की अपचयित मात्रा को कम करता है।

गंधक

इस्पातों में गंधक बहुत हानिकारक अशुद्धि माना जाता है। इस्पात को गरम हानित कर यह उसे उच्च ताप पर बेलन (रोलिंग) के अयोग्य बना देता है। क्षारीय विद्युत चाप फर्नेस के अतिरिक्त अन्य इस्पात उत्पादन विधियो मे विगंधकीकरण पर निश्चित और समुचित नियंत्रण नहीं रहता। इस कारण प्रवात फर्नेस में गंधक की अधिक से अधिक मात्रा घटाने का प्रयत्न किया जाता है। इसके निष्कासन के लिए क्षारीय और

तरल मल, उच्च ताप और अधिक मैगनीज प्रतिशत बहुत सहायक होते हैं। फर्नेस मे विगंधकीकरण प्रक्रिया इस प्रकार होती है—

$$FeS + CaO = FeO + CaS$$

इस प्रक्रिया के फलस्वरूप उत्तरोत्तर विगंधकीकरण करने के लिए FeO का अपचयन करना आवश्यक है। इस प्रकार अपचायक वातावरण और उच्च ताप विगंधकीकरण के लिए अपेक्षित है, परन्तु ये दोनो घटक पिग लोह में सिलिकन की मात्रा अधिक होने की प्रवृत्ति बढाते है। इस प्रकार विगधकीकरण और कम सिलिकन का अपचयन करनेवाले घटको में परस्पर विरोध होने से कम सिलिकन, कम गंधक वाले पिग लोह का उत्पादन करना कठिन होता है।

फास्फोरस

अपचायक वातावरण होने के कारण चार्ज मे विद्यमान फास्फोरस की कुल मात्रा पिग लोह में प्रविष्ट हो जाती है। प्रवात फर्नेस मे निस्स्फुण हरण नही किया जा सकता। यदि कम फास्फोरस प्रतिशत अपेक्षित है तो चार्ज का चुनाव सावधानीपूर्वक किया जाना चाहिए। फर्नेस में फास्फोरस की जितनी भी मात्रा चार्जित होगी वह सब पिग लोह मे विलयित हो जायगी।

मैंगनीज़

पिग लोह मे विलयित मैगनीज की प्रतिशतता चार्ज मे मैगनीज की मात्रा और फर्नेस के प्रक्रिया प्रदेश मे उद्भावित ताप पर निर्भर रहती है। ताप अधिक होने पर पिग लोह मे मैंगनीज की प्रतिशतता बढ जायगी। विभिन्न इस्पात उत्पादन विधियो मे मैंगनीज़ के महत्त्व की विस्तारपूर्वक विवेचना की गयी है। सामान्यत चार्ज मे विद्यमान मैंगनीज की ६०% मात्रा पिग लोह मे और ४०% मात्रा मल मे प्रविष्ट होती है।

पिग लोह का त्रोटन और वितरण

फर्नेस के कूप मे एकत्रित पिग लोह दिन मे चार-पाँच बार त्रोटित किया

जाता है। खोदकर और कभी-कभी आक्सीजन कर्तन (कटिंग) का उपयोग कर त्रोटन-छिद्र खोला जाता है। प्रवात फर्नेस से त्रोटित पिग लोह का अपवहन निम्नलिखित तीन प्रकारों से किया जाता है—

(१) बालू की नालियो मे ढलाई।

(२) पिग सवपन यत्र[1] में ढलाई।

(३) इस्पात का उत्पादन करने के लिए इस्पात संयत्र मे गलित पिग लोह का सभरण (सप्लाई)।

बालू की नालियों में ढलाई

फर्नेस के सामने बनी बालू की नालियो मे पिग लोह की ढलाई,

चित्र १६—पिग लोह की ढलाई के लिए बनायी गयी बालू की नालियाँ

सपिडन करने की सबसे पुरानी रीति है। चित्र १६ में फर्नेस और उसके मंचक पर बालू मे बनायी गयी नालियाँ दिखायी गयी है। पिग लोह मुख्य

१. Casting machine

धावक में प्रवाहित होते समय विभिन्न शाखाओं में भर जाता है। मुख्य धावक में त्रोटन छिद्र से कुछ दूर लोह का रोधक पट्ट लगा दिया जाता है। इससे धातु के साथ निकलनेवाला मल रुकता है और रोधक पट्ट के नीचे से पिग लोह प्रवाहित होता रहता है। बालू मे धातु के इस प्रकार संपिंडन से ही यह उपमा चल निकली कि मानो माँ शूकरी (पिग) लेटकर बच्चों को स्तनपान करा रही हो। तभी से प्रवात फर्नेस से निकली धातु पिग लोह कही जाती है। वर्तमान विधि मे अधिकांश प्रवात फर्नेस धातु गलित दशा में इस्पात सयत्रों में भेजी जाती है अथवा सवपन यंत्र में संपिंडित की जाती है, फिर भी परंपरा के अनुसार उसे पिग लोह ही कहा जाता है। बालू की नालियों मे पिग लोह की ढलाई निम्नलिखित कारणों से वांछनीय नहीं समझी जाती —

(१) पिगो के संपिंडित होने पर साथ में बालू चिपकी रह जाती है जिसके कारण ये पिग क्षारीय विधियों द्वारा इस्पात का उत्पादन करनेवाली फर्नेसों के अयोग्य बन जाते है। बालू अम्लीय होने के कारण फर्नेसो के क्षारीय अस्तर को संक्षयित[१] करती है। उसका निराकरण करने के लिए अधिक क्षारीय पदार्थो की आवश्यकता पड़ती है।

(२) पिग लोह की ढलाई फर्नेस के मंचक पर करने के लिए बहुत खाली स्थान आवश्यक होता है।

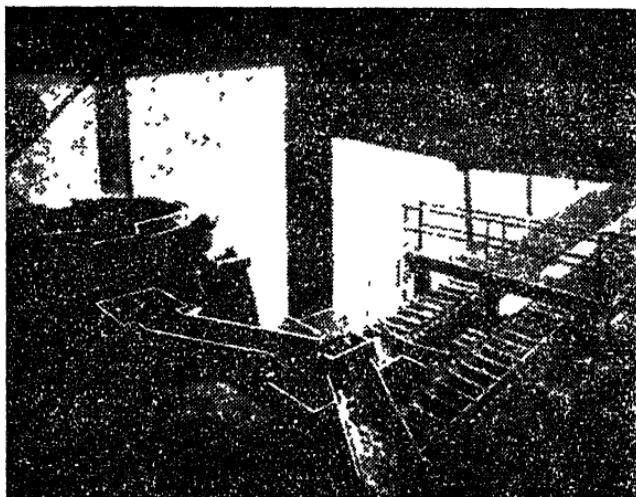
(३) प्रवात फर्नेस और संबंधित उपकरणों के प्रकार्य तथा पिग की ढलाई एक ही स्थान पर होने से कार्यन में असुविधा और गड़बड़ी होती है।

(४) पिग लोह के संपिडन में ऊष्मा निप्रथन[२] के कारण पूरे संयंत्र का तापमान बढ़ जाता है और कार्य करना अत्यन्त कष्टकारक बन जाता है।

१. Corrode (संक्षारित) २. Dissipation

इन सब दोषो के होते हुए भी कुछ फर्नेसो में ढलाई बालू की नालियो मे की जाती है। भारत मे भद्रावती लोह और इस्पात कारखाने मे पिग लोह इसी प्रकार संपिंडित किया जाता है। बालू की नालियों मे पिगों के पर्याप्त शीतल होने पर उन्हे अयोघनो द्वारा तोडकर वैगनो में लाद दिया जाता है।

पिग संवपन यंत्र

बीड[1] के मोल्डो मे पिग लोह की ढलाई करने के लिए चित्र १७ में दिखाया गया सिद्धान्त प्रयुक्त होता है। दो बडे बेलनों पर अन्तहीन

चित्र १७—बीड के मोल्डों में पिग लोह की ढलाई

शृंखला धीरे-धीरे चलती है। इस शृंखला पर बीड़ के मोल्ड लगे रहते हैं। एक छोर पर लेडिल से गलित पिग लोह मोल्डों में गिराया जाता है। पिग

१. Cast iron ढलवाँ लोहा

लोह शीतल मोल्ड में गिरकर शीघ्रता से अभिशीतित हो जाता है। आगे बढ़ने पर जल की फुहारों द्वारा धातु-भरे मोल्डो को शीतल किया जाता है। यंत्र के दूसरे छोर पर मोल्ड स्वयमेव उलट जाते है और पिग लोह नीचे खडे वैगन में गिर जाता है। वापसी यात्रा में मोल्डो को चूना-जल से शीकरित[१] किया जाता है, जिससे उन पर चूने का पतला आवरण चढ जाता है। यह पिगों को निर्यासित होने से रोकता है और मोल्डो का संक्षय घटाता है।

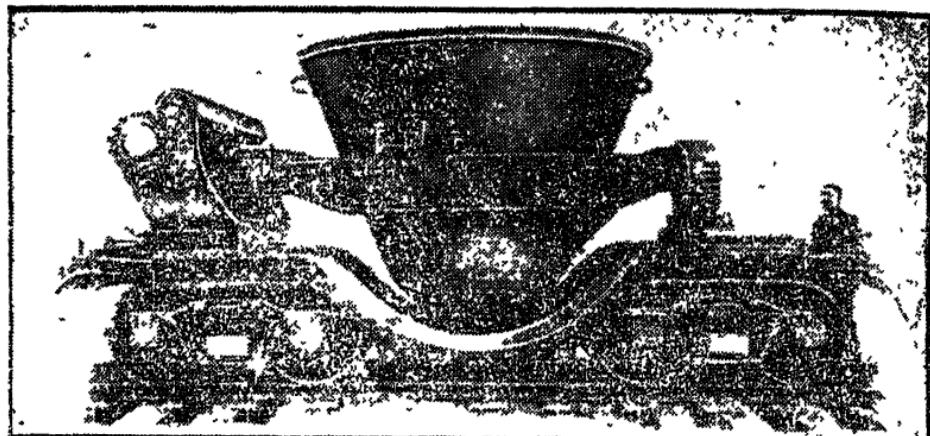
गलित पिग लोह का परिवहन

संयुक्त लोह और इस्पात कारखाने मे पिग लोह लेडिलो मे भरकर इस्पात सयंत्र में भेजा जाता है, जहाँ बहुधा उसका संचय गरम धातु-मिश्रको मे किया जाता है। पिग लोह लेडिलो में लगभग एक घंटे बिना किसी कठिनाई के गलित रूप मे रखा जा सकता है। फर्नेस का त्रोटन[२] समाप्त होने पर मड गन[३] द्वारा त्रोटन छिद्र को बंद कर दिया जाता है। मडगन का मुँह त्रोटन छिद्र में लगाकर वेग से मिट्टी के गोले छिद्र मे भर दिये जाते है।

मल का अपवहन[४]

एक टन पिग लोह के उत्पादन में सामान्यत: ०.६ टन मल बनता है। मल की मात्रा चार्ज में विद्यमान विजातीय पदार्थों और फर्नेस के कार्यन के अनुरूप आधे टन से एक टन तक हो सकती है। कम आपेक्षिक गुरुत्व के कारण मल का आयतन पिग लोह की तुलना में अधिक होता है, जिससे इसका त्रोटन अनेक बार करना पड़ता है। दिन मे दस-बारह बार मल फर्नेस से बाहर निकाला जाता है और नालियों मे बहकर मल-पात्रों में

१. Sprayed २. Tapping
३. Mudgur
४. Disposal

एकत्रित होता है। चित्र १८ में मल-पात्र दिखाया गया है। यह अभ्यानम्य[१] होता है जिससे गलित मल प्रवात फर्नेस संयन्त्र से दूर ले जाकर द्रव दशा

चित्र १८—मल पात्र

मे उड़ेल दिया जाता है। कभी-कभी द्रव मल को द्रुत गति से बहती हुई पानी की धारा मे बुझाकर कणिकीय कर लेते हैं। इस प्रकार ठडे किये मल और जल का मिश्रण एक जलाशय में एकत्रित किया जाता है, जहाँ मल नीचे बैठ जाता है और ऊपर से जल निथार लिया जाता है।

प्रवात फर्नेस के बाहर पिग लोह का गंधकहरण[२]

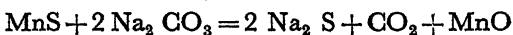
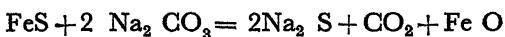
विधि की रासायनिक प्रक्रियाओं का विवेचन करते समय यह स्पष्ट किया गया था कि फर्नेस मे समुचित गंधकहरण के लिए क्षारीय तरल मल, उच्च ताप और अपचायक वातावरण आवश्यक है। फर्नेस के चार्ज में Al_2O_3 की मात्रा अधिक होने पर मल की क्षारीयता कम हो जाती है और

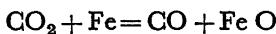
१. Tilting २. Desulphurisation

उसका मुक्त प्रवाह-ताप बढ जाता है। इस कारण गधकहरण करने मे कठिनाई खडी हो जाती है और लोह मे अधिक सिलिकन आने की प्रवृत्ति बढ़ जाती है। इस समस्या का समाधान करने के लिए पिग लोह का प्रवात फर्नेस के बाहर गंधकहरण किया जाता है। इसके लिए निम्नलिखित विधियो का विशेष सफलतापूर्वक उपयोग किया गया है—

(१) **चूना और सोडा द्वारा उपचार**—लेडिल मे रखे पिग लोह मे Na_2 Co_3 और CaO डालकर मिश्रण किया जाता है, जिससे निम्नलिखित प्रक्रियाएँ होती है—

$$FeS + 2\ Na_2\ CO_3 = 2Na_2\ S + CO_2 + Fe\ O$$

$$MnS + 2\ Na_2\ CO_3 = 2\ Na_2\ S + CO_2 + MnO$$

उच्च ताप पर CO_2 और लोह के साथ प्रक्रिया होती है।

$$CO_2 + Fe = CO + Fe\ O$$

इस प्रकार निकली CO और CO_2 गैसे धातु का विलोड़न[1] करती है। चूने की उपस्थिति मे सोडियम सिलिकेट के रूप मे सोडा की हानि नही हो पाती।

गंधकहरण की यह विधि सस्ती और सरल है, परन्तु इसमे निम्नलिखित दोष है—

(१) गंधकहरण की गति मन्द होने के कारण धातु मे गंधक की प्रतिशतता कम करने के लिए कई बार उसका उपचार करना आवश्यक हो जाता है। इससे पिग लोह का ताप कम हो जाता है और समय भी बहुत लगता है।

(२) इस विधि मे बने सक्षायक मल को पूर्णत. निकालना कठिन होता है, जिससे मिश्रक और फर्नेसों मे अग्निरोधक अस्तरो को नुकसान पहुँचता है।

1 Stirring

(३) विधि काल मे निकाला धुँआ स्वास्थ्य के लिए हानिकर होता है।

पिग लोह में क्षोदित[1] चूने का धमन—धातु मे नलिका डालकर नाइट्रोजन गैस द्वारा क्षोदित चूने का धमन करने से लगभग ३ से ५ मिनट मे गंधकहरण समाप्त हो जाता है। यह विधि फ्रास मे विकसित की गयी है और ऐसा कहा जाता है कि पिग लोह के ताप की अधिक हानि हुए बिना इसके द्वारा गंधक की मात्रा में बहुत कमी की जा सकती है।

(३) **काल्डू गंधकहरण विधि**—गलित पिग लोह और चूर्णित चूना एक बेलनाकार परिभ्रामी[2] फर्नेस मे गलित पिग लोह के साथ मिश्रित कर प्रति मिनट ३० बार की गति से घूर्णित किया जाता है। फर्नेस में अपचायक वातावरण बनाये रखने के लिए दोनो छोरो को संमुद्रित कर दिया जाता है। इस प्रकार १५ से ३० मिनट मे पिग लोह का गधकहरण ०.१% से ०.०१% तक हो जाता है और इसमे चूने की खपत धातु के भार की लगभग एक प्रतिशत होती है। यह विधि स्वीडन मे विकसित की गयी है। धातु का उपचार करने के लिए ६० टन धारितावाली फर्नेसो का गठन किया गया है।

जले कोयले का उपयोग

प्रवात फर्नेस के विकास के प्रारभिक दिनो में जला कोयला प्रधान ईधन हुआ करता था, परन्तु पिग लोह का उत्पादन बढ़ने से वनों के विनाश की गति इतनी बढ गयी कि कानून बनाकर उसका उपयोग रोकना पड़ा। वर्तमान समय में ९८ प्रतिशत से अधिक पिग लोह का उत्पादन कोक प्रवात फर्नेसो द्वारा किया जाता है। भारत में भद्रावती लोह और इस्पात कर्मक[3] मे ८० टन धारितावाली फर्नेस अपने ढंग की अकेली है जिसमें जला

१ Powdered चूर्णित　　२. Rotating　　३. Works

कोयला व्यवहृत होता है। शेष सभी प्रवात फर्नेसों मे ईंधन के रूप मे कोक का उपयोग किया जाता है।

कोक की तुलना मे जला कोयला शुद्ध ईंधन है। इसमे गंधक और फास्फोरस की मात्रा नगण्य होती है और राख की प्रतिशतता भी १.५% से अधिक नही होती। इस कारण विशिष्ट पिग लोहों का उत्पादन करने के लिए यह ईधन बहुत उपयुक्त है। संधानी[१] श्रेणी के पिग लोहो का उत्पादन भली प्रकार किया जा सकता है। जले कोयले की समर्दन शक्ति कोक की तुलना मे बहुत कम होने के कारण इसका उपयोग करनेवाली फर्नेसों की परिमा (साइज) अधिक नही बढायी जा सकती। जले-कोयले से चालित विश्व मे सबसे बडी प्रवात फर्नेस कनाडा मे स्थित है और उसकी उत्पादन-क्षमता १६० टन पिग लोह प्रति दिन है। आधुनिक कोक-चालित प्रवात फर्नेसो की धारिता २००० टन पिग लोह प्रति दिन तक बढा दी गयी है। कम उत्पादन-क्षमता के साथ इस ईंधन का संभरण (प्रदाय) सीमित होने के कारण प्रवात फर्नेसो में जले कोयले का उपयोग अधिक नही बढ सका। सारणी ६ मे कोक और जले कोयले से चालित भारतीय फर्नेसों से प्राप्त पिग लोह का औसत रासायनिक विश्लेषण दिया गया है।

सारणी–६

	Si	Mn	S	P
कोक पिग लोह	१ २–२ ५	०·६–० ८	०·०४–० ०५	०·३–० ३५
जला कोयला पिग लोह	०·५–१·१	० ५–१ ०	० ०२	०·१२

१ Foundry

विद्युत पिग लोह फर्नेस

प्रवात फर्नेस में प्रतिभारित कोक, आक्साइडों का अपचयन करता है और फर्नेस में होनेवाली प्रक्रियाओं के लिए ऊष्मा का संभरण करता है। जहाँ कोकीय कोयला उपलब्ध नही होता, लोह उद्योग की स्थापना और विकास में कठिनाई आ जाती हे। दक्षिण भारत मे कोकीय कोयलो के निक्षेप नही हैं। नार्वे, स्वीडन, फिनलैंड इत्यादि देशों मे भी कोकीय कोयलों की कमी है। अत. विद्युत पिग लोह फर्नेसो का गढन और विकास किया गया है। भद्रावती मे दो ऐसी फर्नेसों में पिग लोह का उत्पादन किया जाता है।

इन फर्नेसों मे ऊष्मा विद्युत-शक्ति द्वारा उत्पन्न की जाती है और कार्बनमय पदार्थ, जैसे कोयला, कोक, जले कोयला इत्यादि की आवश्यकता केवल आक्साइडो के अपचयन के लिए रह जाती है, जो प्रवात फर्नेस की तुलना में केवल ४५% होती है। कम ईंधन की आवश्यकता के फलस्वरूप विधि मे ईंधन की अशुद्धियो का प्रवेश कम होने से आवश्यक फ्लक्स तथा उत्पादित मल की मात्रा घट जाती है। इन फर्नेसों मे ताप का नियंत्रण श्रेष्ठ होता है और अशुद्धियो (विशेषत. गधक) रहित पिग लोह का उत्पादन सरल होता है।

विद्युत पिग लोह फर्नेसों की औसत उत्पादन-क्षमता लगभग १०० टन प्रति दिन होती है और एक टन पिग लोह के उत्पादन में लगभग २५०० K.W.H विद्युत-शक्ति की आवश्यकता पडती है। यह अनुमान लगाया गया है कि यदि एक पौंड कोक का मूल्य १·८ विद्युत इकाई के तुल्य हो तो विधि का कार्यन लाभप्रद हो सकता है। इस फर्नेस से प्राप्त होनेवाली गैस की ऊष्म अर्हा प्रवात फर्नेस गैस की तुलना मे श्रेष्ठ होती है। विद्युत-शक्ति की उपलब्धि के अनुसार फर्नेस की उत्पादन-क्षमता कम या अधिक रखी जा सकती है।

दक्षिण भारत में कोकीय कोयलों का सर्वथा अभाव है। पूरे देश मे यह अनुमान किया गया है कि सभी वर्गों के कोयलो के कुल संचय लगभग ६००० करोड़ टन और इनमें कोकीय कोयलो की मात्रा २०० करोड़ टन

है। यह स्थिति संतोषजनक नहीं मानी जा सकती, कारण कि वर्तमान प्रगति को ध्यान में रखते हुए भारत के कोकीय कोयलों के संचय लगभग ५०-६० वर्षों मे समाप्त हो जायँगे। इस कारण कोकीय कोयलों के बिना कार्य करनेवाली विधियो का भारत के लिए विशेष महत्त्व है।

लघु चानक फर्नेस

इसे शिशु प्रवात फर्नेस माना जा सकता है। इन फर्नेसो मे पर्याप्त ऊष्म अर्हावाले किसी भी ईंधन का उपयोग किया जा सकता है। सूक्ष्म भाजित 'ओर' फ्लक्स और ईंधन की इष्टिकाएँ बनाकर फर्नेस मे प्रतिभारित[1] की जाती है।

लघु चानक[2] फर्नेसो मे आक्सीजन समृद्ध प्रवात संभरित किया जाता है। अक्रिय गैस नाइट्रोजन की मात्रा मे कमी के कारण, फर्नेस के उदर मे उच्च ताप का उद्भव होता है और सवेद्य ऊष्मा[3] की हानि कम हो जाती है। लघु चानक होने के कारण चार्ज का सज्जन[4] संतोषजनक न होने से अधिकांश अपचयन प्रत्यक्ष होता है। इस प्रकार प्रति टन पिग लोह् के उत्पादन के लिए अधिक ईंधन की खपत होती है।

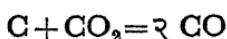
इन फर्नेसो की उत्पादन-क्षमता ६० से १०० टन प्रति दिन होती है। कोकीय कोयलो के बिना कार्य करना इन फर्नेसो की सबसे बडी विशेषता है। इसी कारण सभी देशो मे इन फर्नेसो के विकास को ध्यानपूर्वक देखा जा रहा है।

प्रवात फर्नेस के विकास में आधुनिक प्रवृत्तियाँ

(१) **उच्च शीर्ष प्रेरण प्रक्रिया**—सामान्य प्रवात फर्नेस के शीर्ष

१. Charged २. Shaft, ईषा
३. Sensible heat ४. Preparation

से बाहर निकलनेवाली गैसो का प्रेरण[१] १ से २ पौंड प्रति वर्ग इंच होता है। इस प्रेरण को बढ़ाकर १० पौड प्रति वर्ग इंच कर देने से फर्नेस में गैसों का औसत घनत्त्व लगभग ४० प्रतिशत बढ़ जाता है और गैसों का अनुरेख प्रवेग[२] भी उसी अनुपात मे कम हो जाता है। इस प्रकार अधोगामी चार्ज और ऊर्ध्वगामी गैसों का सपर्क सुधर जाता है, गैसो की धूलि-वहन क्षमता कम हो जाती है और फर्नेस मे उत्पादन की गति बढायी जा सकती है। अधिक शीर्ष प्रेरण के कारण निम्नलिखित प्रक्रिया होने की प्रवृत्ति घट जाती है—

$C + CO_2 = २ CO$

इस प्रकार गैसो मे CO_2 की मात्रा बढ जाती है।

उच्च शीर्ष दबाव पर कार्यन से धूलि मे २२% कमी होती है, कोक की खपत १५% घट जाती है और फर्नेस का उत्पादन २०% बढ जाता है। इन फर्नेसो से उत्पादित पिग लोह का रासायनिक समास अधिक सम होता है। उपर्युक्त कारणो से प्रवात फर्नेस के प्रकार्य की यह प्रवृत्ति बहुत सक्षम प्रतीत होती है। भारत मे नयी बननेवाली प्रवात फर्नेसों की प्ररचना में उच्च शीर्ष प्रेरण का उपयोग किये जाने की अत्यन्त उज्ज्वल संभावना है।

(२) **कार्बन अग्निरोधकों का उपयोग**—प्रवात फर्नेस में फायर क्ले ईंटों का अस्तर लगभग ५—७ वर्ष चलता है और इस अवधि में १००० टन धारितावाली फर्नेस लगभग १५ लाख टन पिग लोह का उत्पादन करती है। कार्बन अग्निरोधको का अस्तर लगाने से २५ लाख टन पिग लोह का उत्पादन होने के बाद भी फर्नेस का आन्दोलन[३] बराबर चलता रहता है। ग्रेफाइट के रूप में कार्बन अग्निरोधक व्यवहृत होते हैं। अन्य

१. Pressure (दबाव)
२. Linear velocity
३. Campaign कार्यपरम्परा

तापसह पदार्थो की तुलना में ग्रेफाइट की ताप-चालकता अधिक होती है। इसके साथ कम वेध्यता, अधिक अपघर्षण[१] और संक्षय-रोध तथा उच्च गलनांक के कारण अस्तर का जीवन अधिक होता है। ग्रेफाइट का अस्तर अपेक्षाकृत पतला होने के कारण फर्नेसों का उपलब्ध आयतन और धारिता बढ जाती है। उच्च गलनांक और श्रेष्ठ रासायनिक रोध के फलस्वरूप फर्नेस के प्रकार्य में पदार्थो का प्रवाह अच्छा रहता है। फर्नेस के बाहर पिग लोह-वाहिनी नालियाँ भी ग्रेफाइट गुटको की बनायी जाने लगी है। इनमें लोह चिपकता नही है और धातु में बालू का मिश्रण बिलकुल मिट जाता है।

(३) **साद का उपयोग**—प्रवात फर्नेस प्रकार्य मे साद[२] का उपयोग करने से होनेवाले लाभो को सर्वत्र स्वीकार कर लिया गया है। चूर्ण ओर, धूलि, कोक बजरी[३] और चूने को विभिन्न अनुपातों में मिश्रित कर स्वत फ्लक्सम साद के लोष्ट बनाये जाते है। फर्नेस में साद का उपयोग करने से उत्पादन-क्षमता लगभग १० प्रतिशत बढ जाती है और कोक की खपत लगभग १० प्रतिशत कम हो जाती है। सादन प्रकार्य[४] में चून पत्थर का निस्तापन और कुछ लोह का अपचयन होने से गैसो की रासायनिक ऊर्जा का उपयोग सुधर जाता है। साद की भौतिक और रासायनिक दशा अधिक सम और सुषिर होने के कारण फर्नेस का कार्यन[५] सुविधाजनक और व्यवस्थित रहता है।

(४) **अचर आर्द्रता-युक्त प्रवात का उपयोग**—प्रवात मे विद्यमान आर्द्रता के महत्त्व की विवेचना पहले की जा चुकी है। वाष्प-संभरण द्वारा

१. Abrasion २. Sinter
३. Coke breeze
४ Sintering operation
५ Furnace working

प्रवात की आर्द्रता ६ कण प्रति घन फुट बढा देने से फर्नेस के उत्पादन में ४ प्रतिशत वृद्धि होती है और फर्नेस का कार्यन अधिक सुचारु हो जाता है। आर्द्रता का संपूर्ण निष्कासन करने की तुलना मे यह विधि अधिक सरल ओर व्यावहारिक है।

(५) **आक्सीजन समृद्ध प्रवात**—द्वितीय विश्वयुद्ध के बाद अपेक्षाकृत शुद्ध आक्सीजन का पुजोत्पादन कम व्यय पर संभव हो गया है। वायु प्रवात में आक्सीजन प्रतिशत को २०.८ से ३०% करने से निम्नलिखित लाभ होते है—

(१) अक्रिय नाइट्रोजन की मात्रा मे कमी होने से गैसों द्वारा संवहित संवेद्य ऊष्मा की हानि कम हो जाती है।

(२) फर्नेस मे कोक के दहन की गति प्रचंड होने से उसके उदर मे उद्भावित ताप बढ़ जाता है।

(३) गैसो का आयतन कम होने से धूलि की कम मात्रा बाहर जाती है और शीर्ष से बाहर जानेवाली गैसों का ताप कम हो जाता है।

आक्सीजन समृद्ध प्रवात का उपयोग करने से गैसो की मात्रा कम होकर अधोगामी चार्ज का समुचित सज्जन नही हो पाता। इसमे सन्देह नही है कि प्रवात का ताप और आक्सीजन समृद्धि समजित[१] करने पर भविष्य की प्रवात फर्नेसों की कार्यन-क्षमता (निष्पत्ति) श्रेष्ठतर हो जायगी।

(६) **क्षिपों द्वारा चूने का क्षेपण**—फर्नेस में अम्लीय घटको को प्रभावहीन कर क्षारीय मल बनाने और धातु का गंधकहरण करने के लिए चूना मिलाया जाता है, परन्तु चार्ज मे इसकी मात्रा अधिक बढ जाने पर मल श्यान हो जाता है और इस प्रकार चार्ज का अवरोहण कम हो जाता है। क्षिपो[२] द्वारा चूने का क्षेपण कर यह कठिनाई दूर की जाती है। चार्ज में चूने की कम मात्रा रखने से उदर में बने मल की तरलता अधिक रहती

१. Adjusted २. Tuyere (वायुछिद्र)

है, जिसके कारण प्रभार के अवरोहण में कोई कठिनाई नही आती। प्रभार में चून पत्थर की मात्रा कम होने से उसके निस्तापन में ऊष्मा का व्यय नही होता तथा ऊर्ध्वगामी गैसो में CO_2 की मात्रा न बढ़ने से ओर का परोक्ष अपचयन अधिक होता है। क्षिपो द्वारा चूने का क्षेपण करके मल का रासायनिक समास अधिक अच्छे प्रकार से समंजित और नियंत्रित किया जा सकता है तथा गंधकहरण के लिए जहाँ चूने की सर्वाधिक आवश्यकता होती है वहाँ उसे सरलतापूर्वक संभरित किया जा सकता है। चूने के द्वारा होनेवाले अभिशीतन को दूर करने के लिए प्रवात का ताप अधिक कर दिया जाता है।

प्रवात फर्नेस के विकास की उपर्युक्त प्रवृत्तियाँ अभी अपने शैशवकाल मे ही है, परन्तु उनके उपयोग से प्रविधि में होनेवाले लाभो को ध्यान में रखकर उनके उज्ज्वल भविष्य की घोषणा विश्वासपूर्वक की जा सकती है। कच्चे पदार्थो की प्रकृति और उपलब्धि इन संपरिवर्तनों को व्यापक रूप में प्रभावित करेंगी। इस प्रकार वर्तमान प्रवात फर्नेस, जो कोक में विद्यमान ऊर्जा का केवल ४० प्रतिशत उपयोग करती है, भविष्य में अधिक सक्षम हो जायेगी।

अध्याय ६

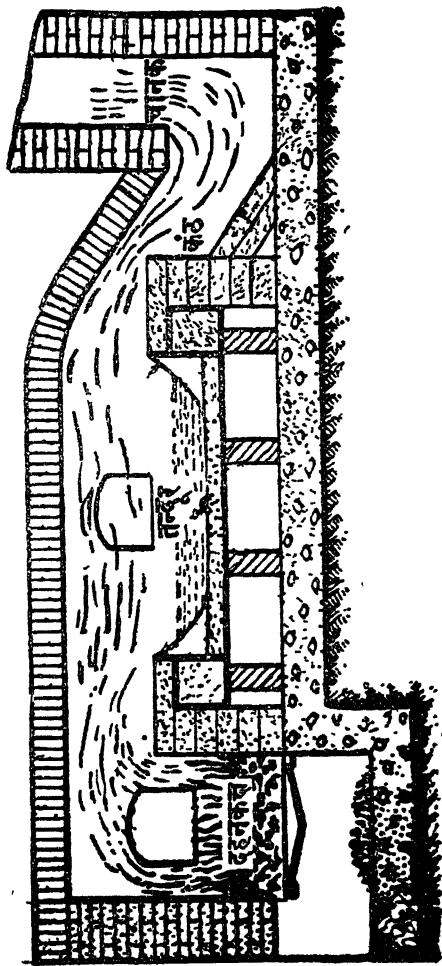
पिटवाँ लोह

लौहिक पदार्थो मे पिटवॉ लोह् का उपयोग बहुत पुराना है। साधारण रूप मे उपलब्ध लोह् मे यह् सबसे शुद्ध होता है। अपने अच्छे संक्षय-रोध, कम्पन और थकन-रोध, सधान गुण और यत्रण[1] मे सुविधा के कारण पिटवॉ लोह् का उपयोग नलियॉ, जजीरें, हुक, नट बोल्ट, लगर इत्यादि बनाने मे होता है। सीमेन्टन विधि और घरिया-विधि से इस्पात के उत्पादन मे पिटवाँ लोह् का उपयोग होता था। अलग-अलग किस्म के इस्पातो ने पिटवाँ लोह् के इन उपयोगो को काफी कम कर दिया है।

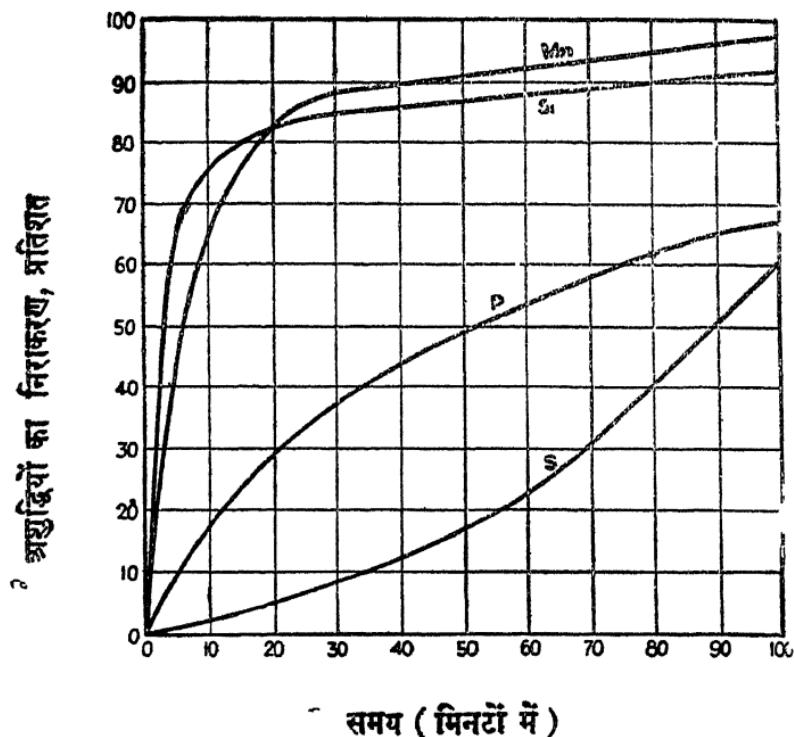
पिटवॉ लोह् मे मल मिश्रित रह्ता है। इस कारण एक समान अर्हता की धातु का उत्पादन करने मे कठिनाई होती है। इसकी तुलना में इस्पातों का उत्पादन अधिक सरल होने के कारण अनेक उपयोगो में पिटवाँ लोह् का महत्त्व कम हो गया है। इसके उत्पादन की दो विधियॉ है—(१) प्रधूनन विधि,[2] (२) एस्टन विधि।

प्रधूनन विधि

चित्र १९ मे प्रधूनन फर्नेस का खंड दिखाया गया है। दहन कक्ष मे लम्बी ज्वालावाला बिटुमिनस कोयला जलाया जाता है। फर्नेस में निम्न-लिखित समास का पिग लोह् प्रतिभारित किया जाता है—

१. Welding property २. Puddling process

चित्र १९—प्रधूनन फर्नेस

Si=1 – 1·5%, S=0·1% से कम, फास्फोरस=1% से कम
Mn=1 – 1·5%, C=3 – 3·5%

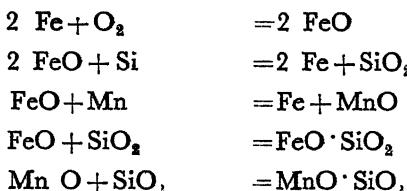
यदि सिलिकन की मात्रा १% से कम हो तो लोह का अति आक्सीकरण हो जाता है। इसके विपरीत सिलिकन प्रतिशत १·५ से अधिक हो तो उत्पादित मल की मात्रा बहुत बढ जाती है। विधि मे फास्फोरस का

चित्र २०—समय तथा अशुद्धियों के निराकरण का संबन्ध

निष्कासन होता है, परन्तु धातु के साथ मल का मिश्रण होने के कारण, उसमें फास्फोरस की मात्रा अधिक होने से धातु में भी फास्फोरस की मात्रा बढ जाती है। गंधक का निष्कासन आंशिक होने के कारण उसकी मात्रा

कम होनी चाहिए। मैंगनीज़ सरलता से आक्सीकृत हो जाता है, परन्तु उसकी अधिक मात्रा विधि की कार्य-अवधि को बढ़ा देती है। गंधकहरण के लिए मैंगनीज़ की उपस्थिति आवश्यक है।

इस विधि द्वारा पिटवाँ लोह के उत्पादन में लगभग १॥ घंटा लगता है। फर्नेस तंदूर को मिल स्केल या श्रेष्ठ लोह ओर से अवासित किया जाता है। लगभग ५०० पौंड पिग लोह फर्नेस के तंदूर के मध्य में स्थित दरवाजे से प्रतिभरित किया जाता है। विधि में लोह आक्साइड प्रक्रियाओं में सक्रिय भाग लेता है (चित्र २०)।

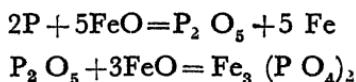
धातु का गलन—लगभग ३० मिनट में प्रभार[१] गल जाता है और गलित लोह की सतह पर मल का पतला आवरण आ जाता है। गलन अवधि में दरवाजा खोलकर प्रधूनक अगलित टुकड़ों को यहाँ-वहाँ हटाकर उनके गलन का वेग बढ़ाता है। इस अवधि में निम्नलिखित प्रक्रियाएँ होती हैं—

$$2\ Fe + O_2 = 2\ FeO$$
$$2\ FeO + Si = 2\ Fe + SiO_2$$
$$FeO + Mn = Fe + MnO$$
$$FeO + SiO_2 = FeO \cdot SiO_2$$
$$MnO + SiO_2 = MnO \cdot SiO_2$$

इस प्रकार उत्पादित सिलिकेट मल में चले जाते है।

लघु क्वथन अवधि—इसकी अवधि लगभग दस मिनट होती है। इस समय फास्फोरस का निष्कासन करने के लिए फर्नेस के ताप को आंशिक रूप से वातयम[२] बंद कर कम कर दिया जाता है और कुंभ की सतह पर लोह ओर (मेगनेटाइट) डाला जाता है। फर्नेस का ताप कम होने से कार्बन के आक्सीकरण की गति घट जाती है। मेगनेटाइट से मल आक्सीकारक तथा क्षारीय बन जाता है और उसका गलनांक कम हो जाता है।

१. Charge २. Damper

इस प्रकार फास्फोरस के निष्कासन मे सुविधा होती है। इस काल मे होनेवाली रासायनिक प्रक्रियाएँ इस प्रकार हैं—

$$2P + 5FeO = P_2O_5 + 5Fe$$
$$P_2O_5 + 3FeO = Fe_3(PO_4)_2$$

उच्च ताप पर लोह फास्फेट की प्रवृत्ति विघटित होने की रहती है।

क्वथन अवधि—फास्फोरस की अपेक्षित मात्रा निकल जाने पर वातयम खोल दिया जाता है। फर्नेस का ताप बढता है और कार्बन के आक्सीकरण से उत्पादित CO कुंभ मे प्रबल हलचल मचाती है। इसके फलस्वरूप मल की अधिकाश मात्रा फर्नेस के बाहर निकल जाती है। कुंभ मे कार्बन की कमी के साथ लोह का गलनांक ऊपर उठ जाता है। धातु मे विद्यमान गंधक प्रमुखत. MnS के रूप मे मल मे जाता है। यदि पिग लोह में मैंगनीज की मात्रा कम हो तब गंधक का भली प्रकार निष्कासन नहीं होता।

कन्दुकन[१]— फर्नेस मे धातु की दशा गलनाक ऊपर उठ जाने के कारण लेपीय हो जाती है। इसके ६० से ८० पौण्ड के कंदुक बनाकर निकाले जाते है। इस काल मे फर्नेस मे आक्सीकरण रोकने के लिए धुएँदार ज्वाला रखी जाती है। फर्नेस से कदुक निकालने के बाद उसे दाबकर, पीटकर या निष्पीड़ित कर मल की अधिकतम मात्रा निकालने की कोशिश की जाती है। इस क्रिया मे मल अलग होने के साथ कंदुक दंड, बिलेट इत्यादि के रूप मे आकारित हो जाता है। फिर गरम कर इन्हे अनेक आकारों मे बेलित (rolled) किया जाता है (चित्र २१)। धातु के साथ जो मिश्रित मल बच रहता है वह लंबी धारियों के रूप मे आकारित हो जाता है। सामान्यतः पिटवाँ लोह का रासायनिक विश्लेषण इस प्रकार रहता है—

१. Balling

C 0. 02%, Si = 0 1 %, S 0 02 % P = 0. 1%
Mn = 0.4% मल 0·04 %

एस्टन विधि

पिटवाँ लोह, मल और शुद्ध लोह का मिश्रण रहता है। इसका उत्पादन करने के लिए एस्टन ने शोधित धातु को मल मे गिराकर पिटवाँ लोह उत्पादन का सरल तरीका निकाला। मल का रासायनिक समास प्रधूनन फर्नेस के समरूप रखा जाता है। यह विधि कम कष्ट-साध्य और अधिक उत्पादन देने के कारण अधिक प्रिय हो गयी है।

पिग लोह को कुपला फर्नेस मे गलाकर, छोटे परिवर्त्तक पात्रो मे धमित कर सिलिकन, मैंगनीज और कार्बन की लगभग सम्पूर्ण मात्रा आक्सीकृत कर निकाल दी जाती है। यह शोधित धातु लेडिल में रखे अत्यंत आक्सी-कारक और क्षारीय मल में डाली जाती है। मल बनाने के लिए खास प्रकार की विवृत तंदूर फर्नेस का उपयोग किया जाता है। लेडिल मे रखे मल का ताप शोधित धातु के द्रवणाक से कई सौ डिगरी कम रहता है। जैसे ही धातु मल के सम्पर्क में आती है, कम ताप के कारण उसका सपिण्डन होने लगता है और विलयित गैसे निकलकर धातु को लेडिल मे बिखरा देती है। इस प्रकार धातु और मल का मिश्रण हो जाता है। अधिक आपेक्षिक गुरुत्व होने के कारण धातु लेडिल के तले मे बैठ जाती है और ऊपर का अधिक मल उड़ेल दिया जाता है। लोह के मल-मिश्रित कंदुको को विद्युतीय पीड मे कार्यित कर आकारित किया जाता है। इस क्रिया मे मल की काफी मात्रा भी निष्पीडित होकर निकल जाती है।

अध्याय ७

इस्पात उत्पादन की प्रारंभिक विधियाँ

'पिटवॉ लोह' मृदु और तन्य होने के कारण शस्त्र और औजार बनाने के लिए पूर्णत. सफल नही हो सका। बीड़ अशुद्धियों के कारण भंगुर रहता है। तेरहवी शती से इस्पात के उपयोग का वर्णन मिलता है, यद्यपि इसके प्रत्यक्ष प्रमाण है कि इससे बहुत पहले भारत श्रेष्ठ प्रकार के वुत्स इस्पात[१] का उत्पादक था। यह सीमेन्टन और घरिया विधियों के योग से बनाया जाता था तथा ईरान और ग्रीस की प्रसिद्ध तलवारें और छुरे बनाने में इसका उपयोग होता था। ये तलवारें इतनी तेज होती थीं कि हवा में उड़ते रेशम के टुकड़े को उनके वार से काटा जा सकता था। संभवत: यह इस्पात दो हजार वर्ष पूर्व हैदराबाद (दक्षिण) में बनता था। मध्ययुग मे इन विधियो का लोप हो गया। पिटवाँ लोह और बीड की तुलना मे इस्पात के श्रेष्ठ गुण प्राचीन काल में ही विदित हो गये थे।

इन लुप्त विधियों में 'सीमेन्टन विधि' का प्रचलन सोलहवी शती में बेल्जियम में हुआ और इंग्लैण्ड के बेन्जामिन हन्ट्समैन ने सन् १७४२ में घरिया पद्धति निकाली। ऐसा जान पड़ता है कि दूसरी बार ये दोनों विधियॉ स्वतंत्र रूप से स्थापित की गयी। इस प्रकार सन् १८५६ के पूर्व इस्पात उत्पादन के लिए उपर्युक्त दोनो विधियॉ व्यवहृत होती थीं। सन् १८५६ मे हेनरी बैसेमर ने इस्पात उत्पादन की क्रान्तिकारी विधि का आविष्कार

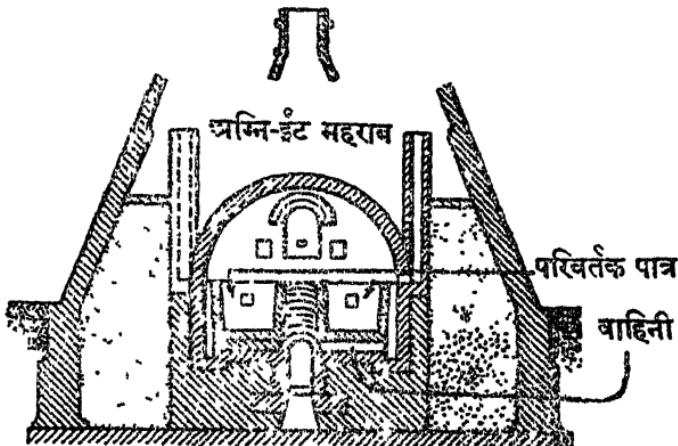
१. Wootz steel

किया और आधुनिक औद्योगिक युग की नीव डाली। इसका वर्णन हम आगे करेंगे।

सीमेन्टन विधि

इस विधि का विकास अठारहवी और उन्नीसवी शतियो में हो चुका था और उसका काफी प्रचार था। उन दिनो इंग्लैण्ड इस्पात का प्रधान उत्पादक था। आधुनिक समय मे इस विधि से इस्पात का उत्पादन लगभग बंद हो गया है। पिटवाँ लोह की छड़ें यदि कोयले के साथ रखकर लगभग १०००° सें० पर बहुत समय तक गरम की जायँ तो कार्बन क्रमशः धातु में प्रविष्ट हो जाता है। धातु की सतह में प्रविष्ट कार्बन भीतर विसरित होता है। इस प्रकार ताप और अवधि को घटा-बढ़ाकर कार्बन की विभिन्न मात्रा प्राप्त की जा सकती है और छड की सतह पर कार्बन लगभग २% तक बढाया जा सकता है। आज भी इस सिद्धान्त का उपयोग इस्पात के अनेक अवयवो को "केस हार्डनिग" कर कठोर बनाने में किया जाता है।

विधि—पिटवाँ लोह की २।।–३ इच चौड़ी, ५/८ से ३/४ इंच मोटी और ६ से १२ फुट लम्बी पट्टियाँ सीमेन्टन पात्र में जले कोयले के पाव इंच टुकडों के साथ रखी जाती है। पात्रों मे सबसे नीचे जले कोयले की २-३ इच मोटी तह, फिर लोह की पट्टियाँ, फिर जला कोयला, इस प्रकार का क्रम रखा जाता है। एक तह मे लोह की पट्टियाँ एक-दूसरे से आध इंच दूर रखी जाती हैं और उनके बीच मे कोयला रहता है। इस प्रकार प्रत्येक धातु की पट्टी सभी तरफ से कोयले से ढँकी रहती है। प्रत्येक सीमेन्टन पात्र में, जो पत्थर का बना रहता है, लगभग ३० टन लोह समाता है। पात्रों को भरकर हवा का प्रवेश रोकने के लिए रेत और अग्निरोधक मिट्टी से बंद कर दिया जाता है। दो सीमेन्टन पात्रों के बीच में एक अग्निस्थान रहता है। यह एक सीमेन्टन फर्नेस हुई (चित्र २२)। इस प्रकार एक भट्ठी से एक बार में लगभग ६० टन इस्पात तैयार होता है।

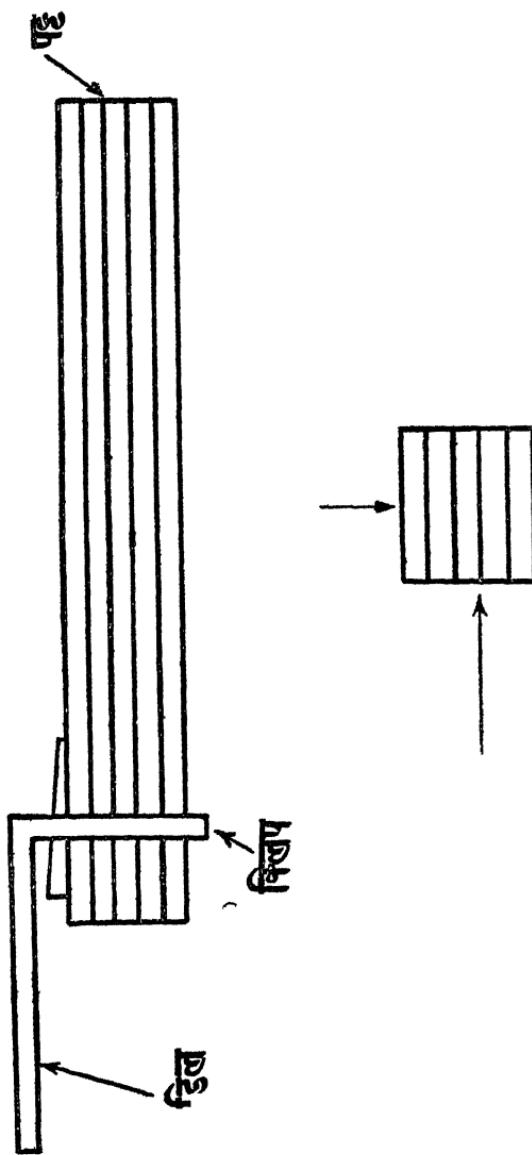
पात्रो को समुद्रित कर अग्नि जलायी जाती है और लगभग ३-४ दिन मे क्रमश. लाल गरम ताप (९००-११००° सें०) प्राप्त किया जाता है

चित्र २२—सीमेण्टन फरनेस

और पट्टियो की परिमा, अभीष्ट कार्बन की मात्रा और प्राप्त ताप को ध्यान मे रखते हुए, यह तापमान ७ से १२ दिन तक रखा जाता है। समय-समय पर पात्रो मे विशेष रूप से रखी गयी छोटी निरीक्षक पट्टियों को तोडकर कार्बन के प्रवेश की गहराई का अनुमान किया जाता है। तब पात्रो को धीरे-धीरे ४-६ दिन तक ठंडा होने दिया जाता है और फिर इस्पातकी पट्टियों को बाहर निकाला जाता है। इस प्रकार पूरी क्रिया मे लगभग तीन सप्ताह लगते है। एक फर्नेस मे प्रति वर्ष ६० टन के १५ घान (प्रभार) इस्पात मे परिर्वतित किये जाते है, अर्थात् लगभग ९०० टन इस्पात का उत्पादन होता है। एक पात्र २०-३० बार तक काम देता है।

इस इस्पात को 'सीमेण्ट इस्पात' कहते है। आरभ में पिटवाँ लोह को पट्टियाँ चिकनी होती हैं। कार्बन और पिटवाँ लोह के मल में विद्यमान आक्सीजन को प्रक्रिया के कारण इनकी सतह पर छाले पड जाते हैं। अत. इसे 'छाले युक्त' इस्पात भी कहते है। कार्बन की मात्रा पट्टी की सतह से

मध्य तक क्रमशः कम होती जाती है। इस प्रकार के सीमेण्ट इस्पात की रासायनिक बनावट असम होती है। कार्बन के प्रवेश के कारण ये पट्टियाँ भंगुर हो जाती है। यदि फर्नेस को ठडा करते समय पात्रों में हवा प्रवेश कर जाय तो पट्टियो की सतह से स्थान-स्थान पर कार्बन आक्सीकृत होकर निकल जाता है। यह वांछनीय नही होता। इस्पात की श्रेष्ठता के लिए यह आवश्यक है कि पिटवाँ लोह घटिया किस्म का न हो, कारण कि उसकी असमता और अशुद्धियाँ इस्पात मे भी विद्यमान रहेगी।

सीमेण्ट इस्पात की असमता दूर करने के लिए पट्टियों के १८-२० इंच लम्बाई के टुकड़े बना लिये जाते हैं। इन्हें लाल गरम कर पीटा जाता है जिससे सतह पर के छाले समतल हो जाते हैं और उनकी चर्मलता[१] बढ जाती है। ऐसे ५-७ टुकडों को सघर (क्लिप) मे बाँधकर (चित्र २३ क) श्वेत ताप यानी १२००-१३००° से० पर पीटा जाता है। आक्सीकरण रोकने के लिए फ्लक्स का आवरण रखा जाता है। इस ताप पर इस्पात के टुकडे 'दवाव संधानित'[२] हो जाते है। इस तरह ब्लूम प्राप्त होता है। इसे 'एक भाजित इस्पात' कहते है। सीमेण्ट इस्पात की तुलना मे यह अधिक सम होता है। संधान रेखा (चित्र २३ ख) को इगित करने के लिए ब्लूम को पीटकर वर्गाकार नही बनाया जाता, क्योकि ये अशक्ति की रेखाएँ होती है। एक-भाजित[३] इस्पात के टुकडे काटकर विभिन्न वस्तुएँ बनायी जाती है और अधिक रासायनिक समता के लिए 'एक भाजित' ब्लूम को बीच मे तोड़-कर दो टुकडे किये जाते है और इन्हे एक के ऊपर दूसरा रखकर गरम करके पीटा जाता है, जिससे ब्लूम का पुराना आकार प्राप्त हो जाय। इस प्रकार क्रिया होने पर 'द्विभाजित इस्पात' बनता है। इसकी अर्हता और बनावट अधिक अच्छी और सम होती है। अच्छे किस्म की कटलरी (कर्तरी अथवा कर्तनोपकरण) बनाने मे इसका उपयोग किया जाता था।

१. Toughness २. Welded ३. Single sheer

चित्र २३ क—लोह टुकड़ों को संधर (क्लिप) में बाँधने का ढंग, चित्र २३ ख—वेल्डन (संधान) रेखा का विग्दर्शन

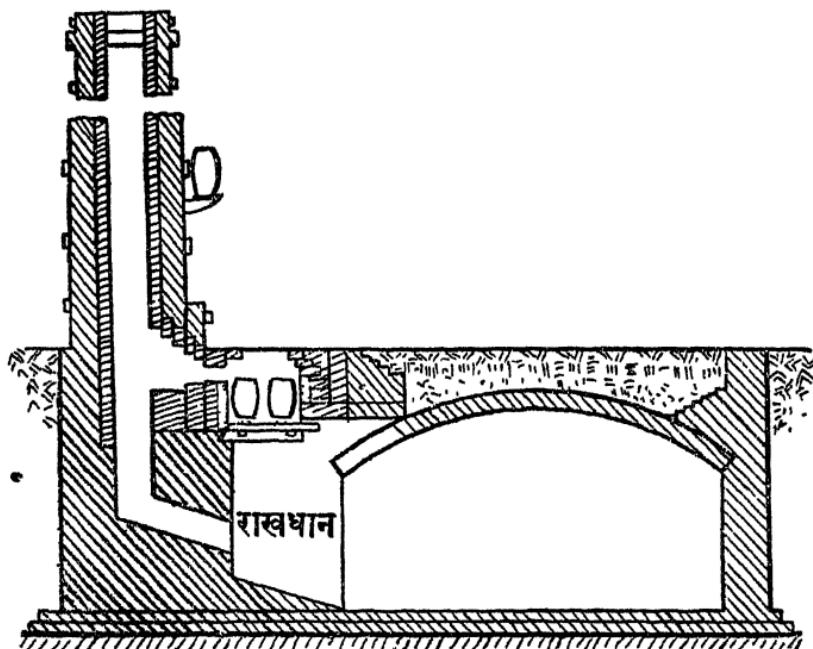
घरिया विधि

सीमेण्ट इस्पात की रासायनिक असमता द्विभाजन के बाद भी पूर्णतः अलग नही होती और सधान चिह्नों के कारण सभी दिशाओ में उसकी शक्ति एक-सी नही रहती। अंग्रेजी घड़ीसाज वेन्जामिन हुन्ट्समेन को घड़ियों के स्कन्द[1] बनाने मे इस कारण विशेष कठिनाई होती थी। सीमेण्ट इस्पात की यह कमी दूर करने के लिए हुन्ट्समेन ने उसके टुकड़ों को उच्च ताप पर घरिया में गलाने की बात सोची। इस्पात मे अभीष्ट कार्बन की मात्रा पाने के लिए उसने उपयुक्त कार्बन वाले सीमेण्ट इस्पात के टुकड़ो का चुनाव किया और फिर घरियो मे रखकर कोक ज्वलित भट्ठी मे उच्च ताप पर गरम किया। जब चार्ज पूर्णतः गल गया तब सतह पर का मल काछ कर उसने गलित इस्पात को बीड के मोल्ड मे ढाल दिया। इस प्रकार प्राप्त इस्पात रासायनिक दृष्टि से सम और पिटवाँ लोह में उपस्थित मल और गंदगी से पूर्णतः रहित था। द्रवण मे कम आपेक्षिक गुरुत्व होने के कारण ये अशुद्धियाँ सतह पर आ जाती है।

सीमेण्ट इस्पात की तुलना मे घरिया इस्पात के गुण इतने श्रेष्ठ थे कि शीघ्र ही यह विधि इस्पात उत्पादन के लिए अत्यन्त लोकप्रिय हो गयी और लगभग दो शतियो तक अत्युत्तम इस्पात के उत्पादन मे इसकी प्रमुखता रही। आज भी कुछ बढिया किस्म के टूल इस्पातों का उत्पादन घरिया पद्धति द्वारा किया जाता है, यद्यपि विद्युतीय विधियो के प्रादुर्भाव के कारण अब इन इस्पातों का उत्पादन विद्युत्-विधियो से होने लगा है। इनके विषय मे हम आगे विचार करेंगे।

समय के साथ घरिया विधि मे अनेक परिवर्तन किये गये। कोक ज्वलित फर्नेस के स्थान मे गैस ज्वलित फर्नेस का उपयोग होने लगा है और पुनर्जनन सिद्धान्त का उपयोग कर अत्यन्त उच्च ताप पाना संभव हो गया है। घरियो

१. Spring (कमानी)

के उत्पादन मे भी विशेष प्रगति हुई है। पहले फायर क्ले और कोक के मिश्रण से घरियां बनायी जाती थी। अब ग्रेफाइट घरियो का प्रयोग होने लगा है। ये १३ से १४ इंच ऊँची और ८ से १२½ इंच व्यास की होती है। इनका पेंदा लगभग १½ इंच और ऊपरी भाग ¾ इंच मोटाई का होता है तथा इनमे ८० से १२४ पौंड तक इस्पात रखा जाता है। घरियो के उत्पादन मे विशेष सावधानी रखी जाती है जिससे सेवाकाल मे उनमें दरारें इत्यादि न होने पायें। सामान्य रूप मे इन्हे बारह बार उपयोग में लाया जा सकता है।

चित्र २४—घरियाँ फर्नेस

चित्र २४ मे एक घरिया फर्नेस का खंड दिखाया गया है। एक फर्नेस मे पाँच चार्ज स्थान होते है और प्रत्येक मे छ: घरियाँ रखी जाती है। इस प्रकार प्रति फर्नेस ३० घरियाँ होती है और एक सप्ताह मे इनमें तीन बार

इस्पात गलाया जाता है। शेष समय फर्नेस और अन्य संबंधित प्रसाधनों की मरम्मत और सुधार मे लगता है। रासायनिक दृष्टि से इस विधि में हानिकारक अशुद्धियो का परिष्करण नही होता, अतः यह आवश्यक है कि चार्ज का चुनाव बहुत सावधानी के साथ किया जाय। उसमें गन्धक और फास्फोरस की मात्रा पर समुचित नियन्त्रण रखना आवश्यक है, क्योंकि धातु से इनका निष्कासन नही होता। पहले चार्ज मे केवल सीमेण्ट इस्पात के टुकड़े डाले जाते थे। इसके बाद स्वीडन मे बना अच्छा पिटवाँ लोह और जला कोयला व्यवहृत होने लगा। सन् १८०१ में मशेट ने इस्पात मे मैंगनीज के सुप्रभावों पर प्रकाश डाला। तब से पहले मैंगनीज ओर (अयस्क) और फिर लोह मैंगनीज के रूप में सदैव मैंगनीज चार्ज में शामिल किया जाता है।

फर्नेस में घरिया रखने के पहले प्रभार स्थान के नितल[1] को साफ कर लिया जाता है। इस काम के लिए फर्नेस के नितल में ६ इच व्यास का छिद्र रहता है। सफाई करके यह बद कर दिया जाता है और फर्नेस नितल पर छोटे कोक की ८ इंच की परत बिछा दी जाती है। यह परत घरिया रखने के समय मसनद का काम करती है, घरियो मे एक-सा ताप बनाये रखने मे सहायक होती है तथा अपचायक वातावरण रखकर अधिक आक्सीजन से घरियों का बचाव करती है।

फर्नेस में घरिया रखने के बाद गलने मे २½ से ४ घटे लगते है। यह प्रभार और फर्नेस की दशा पर निर्भर रहता है। कम कार्बन इस्पात में अधिक समय, अधिक कार्बन इस्पात में कम समय और द्रुत गति इस्पातो के गलने मे सर्वाधिक समय लगता है। प्रभार गलने के बाद गैस के निष्कासन के कारण सतह पर खुदबद होती रहती है जो लगभग ३०-४० मिनट बाद बंद हो जाती है और सतह शान्त दिखाई पडने लगती है।

१. Bottom

इस अवस्था की प्राप्ति उत्तम इन्गटो[1] (पिडकों) के उत्पादन के लिए आवश्यक है।

विधि का रसायन

गलित होते समय चार्ज में विद्यमान मोरचा और स्केल के रूप मे लोह आक्साइड तथा अल्प मात्रा मे उपस्थित वायु की आक्सीजन के कारण सतह पर आक्सीकारक और क्षारीय मल वनता है। घरिया की सिलिका और कार्बन से प्रक्रिया होकर यह धीरे-धीरे अपचायक हो जाता है। इस समय सतह पर खदबद होती रहती है। मल-रेखा के पास घरिया संक्षत होकर कट जाती है, जिससे प्रत्येक बार गलाने के बाद घरिया थोडी छोटी हो जाती है। अधिक ताप पर कार्वन और सिलिका के लघ्वन से प्राप्त सिलिकन इस्पात में प्रवेश कर जाते है। इस प्रकार धातु मे विद्यमान सभी आक्साइड निकल जाता है। अब सतह बिलकुल शान्त हो जाती है। इसे इस्पात की 'मृत अवस्था' कहते है। यदि अब अधिक देर तक घरिया को फर्नेस मे रहने दिया जाय तो कार्बन और सिलिकन के अत्यधिक विलयन के कारण धातु भंगुर हो जाती है। यह प्रवृत्ति नयी घरियो में अधिक रहती है। ठीक समय पर घरियो को फर्नेस से निकालना इस्पात की अर्हता[2] के लिए महत्त्वपूर्ण है।

ढलाई

फर्नेस से घरिया निकालकर सतह पर का अधिकाश मल काछकर अलग कर दिया जाता है और इस्पात को बीड के मोल्ड मे डाला जाता है। घरिया को फर्नेस में रखना, निकालना और उससे ढलाई करना बहुत परिश्रम के काम हैं। घरिया का भार लगभग ४० पौड, चार्ज १०० पौंड, ढक्कन ५ पौंड और घरिया पकड़ने की कैंची २० पौड; इस प्रकार कुल भार १६५ पौड (दो मन से अधिक) होता है। मोल्ड नीचे से बंद और दो अर्घो

१. Ingot (सिल) २. Quality

मे बना रहता है जिन्हे सधर (क्लिप) और मेखों के द्वारा बंद रखा जाता है। इसमें धातु डालते समय ध्यान रखा जाता है कि धातु-प्रवाह मोल्ड की दीवार पर न गिरे। इस्पात के ठोस होने पर मोल्ड के दोनों अर्ध खोल दिये जाते है और गरम इन्गट (पिडक) को धीरे-धीरे ठंडा करने के लिए राख अथवा कोकचूर्ण में तोप दिया जाता है। ताप घट जाने से पिंडक में दरार न होने पाये इस दृष्टि से यह आवश्यक है। अधिकांश पिंडक २½ इंच वर्गाकार होते हैं और इन्हे पुनः गरम कर बेलित अथवा तापकुट्टित किया जाता है। इस प्रकार बना घरिया-इस्पात बहुत श्रेष्ठ होता है। विद्युत प्रेरण फर्नेस के पहले सभी किस्म के श्रेष्ठ औज़ार इस्पात घरिया-विधि से ही बनाये जाते थे। एक प्रकार से विचार करने पर विदित होगा कि घरिया-विधि और प्रेरक-विधि में बहुत समानता है। इसमे ताप-उत्पादन के लिए अन्य ईंधनों के स्थान मे विद्युतीय प्रेरण का उपयोग किया जाता है।

घरिया-विधि से इस्पात का उत्पादन अत्यधिक मेहनत और कष्टदायक कार्य है। भार के साथ उच्च ताप पर काम करना बहुत कठिन होता है। सन् १९२७ मे पहली बार प्रेरक फर्नेस का व्यावहारिक उपयोग किया गया और तब से घरिया विधि का प्रचार क्रमशः कम होता जा रहा है। इसके पहले अच्छे 'मेल' और 'टूल' इस्पात बनाने के लिए यह विधि बेजोड़ थी। वैसेमर और विवृत तन्दूर-विधियों द्वारा सामान्य इस्पातों का पुजोत्पादन किया जाता था, परन्तु विशेष इस्पातों के लिए घरिया पद्धति का ही उपयोग होता था।

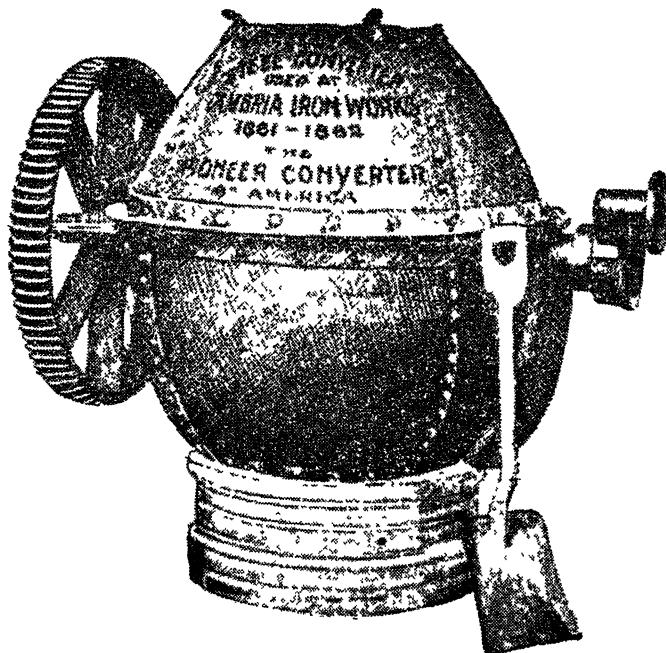
अध्याय ८

इस्पात उत्पादन की आधुनिक विधियाँ

उन्नीसवी शती के पूर्वार्ध मे अधिकाश इस्पात का उत्पादन घरिया-पद्धति से होता था। प्रत्येक बार कठिन परिश्रम द्वारा कुछ पौण्ड इस्पात बनता था, जिसके फलस्वरूप उसका मूल्य अधिक रहता था। अत: अधिकाश लौहिक उत्पादन का उपयोग बीड और पिटवां लोह के रूप मे ही होता था। हेनरी बैसेमर ने अगस्त १८५६ मे इस्पात उत्पादन की क्रान्तिकारी विधि की घोषणा की, जिससे आगे आनेवाले वर्षो मे इस्पात का पुजोत्पादन संभव हो सका। बैसेमर का यह आविष्कार उन्नीसवी शती की सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण घटना है। इस विधि की सफलता के बाद लोह के स्थान मे अधिकाधिक इस्पात उपलब्ध होने और उपयोग मे आने लगा। यही से औद्योगिक क्रान्ति का प्रारम्भ होता है। अनेक प्रकार के यन्त्रो, आवागमन के साधनों और कल-कारखानो की सफलता और विस्तार, सस्ता बैसेमर इस्पात सुलभ होने के कारण संभव हो सका।

हम पहले चर्चा कर चुके है कि पिग लोह मे कार्बन, सिलिकन, मैंगनीज फास्फोरस और गन्धक अशुद्धियों की उपस्थिति के कारण भंगुरता रहती है। अत. अधिकाश इंजीनियरी उपयोगो के लिए पिग लोह या बीड़ अनुपयुक्त है। बैसेमर ने गलित पिग लोह में वायु धमन कर देखा कि तापमान कम होने के स्थान मे बढ जाता है। लोह मे विलयित सिलिकन, मैंगनीज और कार्बन के आक्सीकरण से बहुत ताप का उद्भव होता है। इस प्रकार अशुद्धियो के विलगन[1] के साथ-साथ इस्पात का तापमान भी वढ जाता है

१. Separation

और १२ से १५ मिनट की धमन-अवधि में यह रासायनिक प्रक्रिया पूर्ण हो जाती है। चित्र २५ मे सबसे पहले उपयोग मे आनेवाला बैसेमर परिवर्त्तक दिखाया गया है। घरिया मे गलित लोह के बीच एक अग्निरोधक

चित्र २५—आरम्भिक बैसेमर परिवर्तक

नली से वायु धमित की गयी थी। आधुनिक बैसेमर परिवर्त्तक मे अनेक यान्त्रिक सुधार किये गये हैं।

बैसेमर विधि के सिद्धान्त का पता लगाने के विषय मे अमेरिकन विलियम कैली का नाम भी लिया जाता है। उसका कथन है कि उसने वायु धमित कर इस्पात-उत्पादन के सिद्धान्त का पता सन् १८४७ मे ही लगा

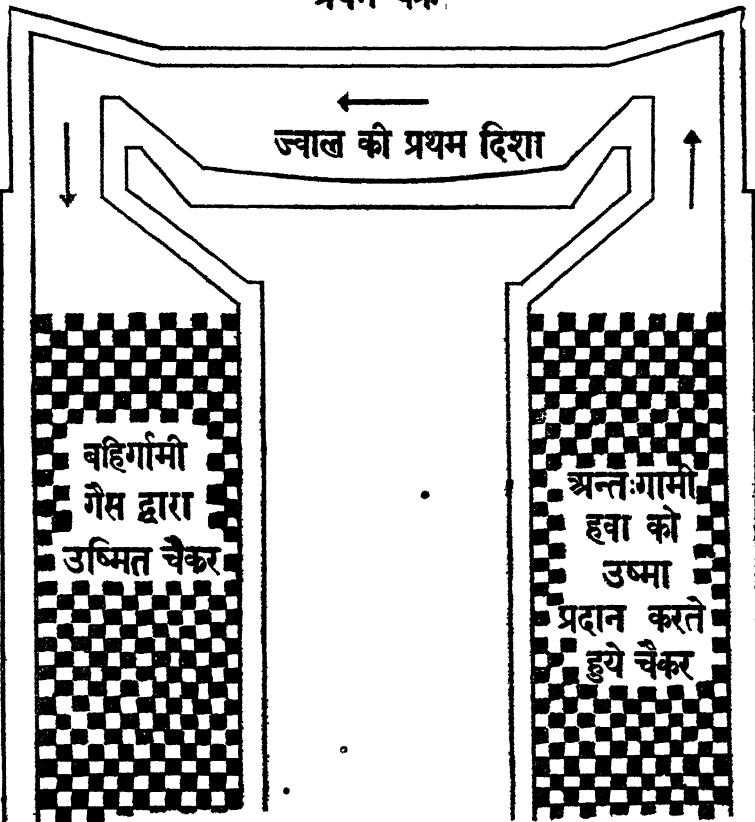
लिया था। इन दोनो आविष्कारको के बीच अनेक वर्षो तक मुकदमेबाजी चलती रही। जो भी हो, परन्तु यह निस्संदेह है कि विधि को सफल बनाने के अनवरत प्रयत्न और गवेषणा का श्रेय हेनरी बैसेमर को ही मिलना चाहिए। किसी भी महान् वैज्ञानिक आविष्कार को पूर्णत: सफल बनाने मे अनेक मस्तिष्को का योगदान रहता है। बैसेमर विधि के विषय मे भी यही बात लागू होती है। प्रारंभ में बैसेमर ने स्वीडन के पिग लोह को (जिसमे मैंगनीज अधिक और फास्फोरस कम था) इस्पात में परिवर्तित किया था। अंग्रेजी पिग लोह (मैंगनीज कम और अधिक फास्फोरस) को इस्पात में परिवर्तित करने से भंगुर धातु प्राप्त हुई। राबर्ट मशेट ने यह सिद्ध किया कि मैंगनीज डालकर यह भंगुरता दूर की जा सकती है। फास्फोरस की मात्रा को नियन्त्रित रखने के महत्त्व पर भी प्रकाश पड़ा। इस प्रकार अम्लीय बैसेमर विधि का प्रारम्भ हुआ। इन परिवर्त्तकों का पूरा अस्तर अम्लीय अग्निरोधको का बना रहता है।

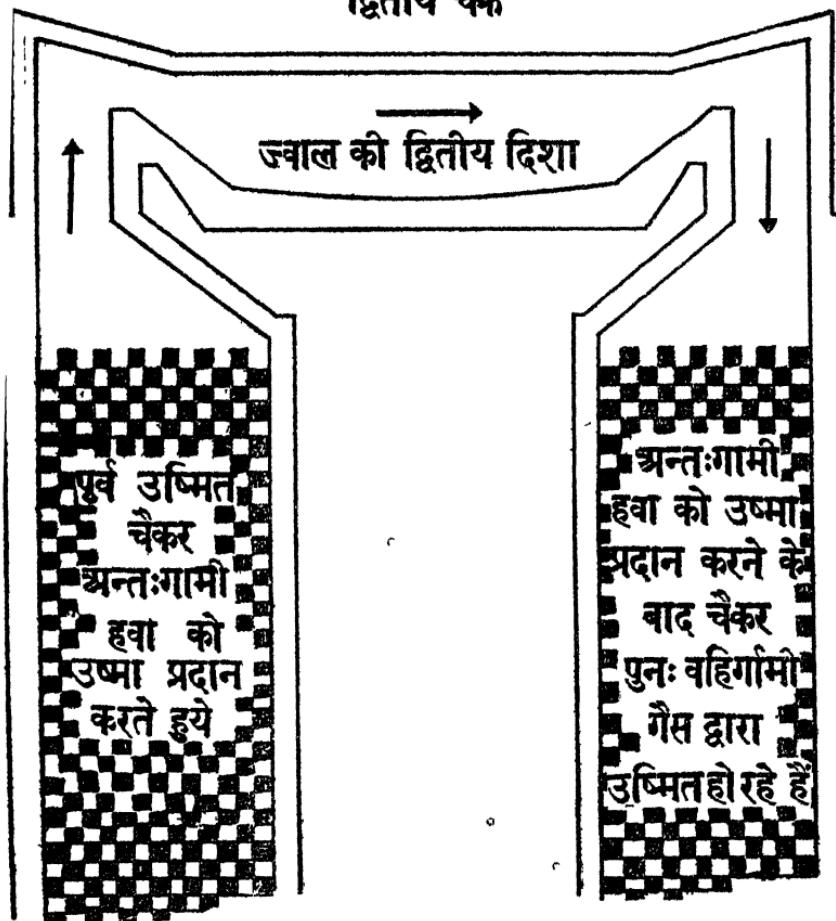
क्षारीय बैसेमर विधि

यूरोप के अन्य देशो मे उत्पादित पिग लोहो मे फास्फोरस की मात्रा अधिक होने के कारण उन्हे अम्लीय बैसेमर विधि से अच्छे इस्पात मे परिवर्तित नहीं किया जा सकता था। फास्फोरस शीतल अवस्था में इस्पात को भंगुर बनाता है। सन् १८७८ में एक दूसरे अंग्रेज टामस गिलक्रिस्ट ने परिवर्त्तक में क्षारीय अस्तर लगाकर चून पत्थर के साथ प्रक्रिया द्वारा अतिरिक्त फास्फोरस को अलग करने की विधि निकाली। उस समय से क्षारीय बैसेमर विधि या टामस विधि का यूरोप में खूब प्रचार हुआ। आज भी बेलजियम, फ्रांस और जर्मनी के कुल इस्पात-उत्पादन का क्रमश: ८५, ६० और ४५ प्रतिशत भाग टामस विधि से प्राप्त होता है।

विवृत तंदूर विधि

बैसेमर विधि की आश्चर्यजनक सफलता के बाद भी सारे उद्योगों की

इस्पात की आवश्यकता पूरी नही हो सकी। इस्पात की इस निरतर बढ़ती माँग को तुष्ट करने के लिए अन्य वैज्ञानिक प्रयत्नशील रहे। इनमें से एक अंग्रेज वैज्ञानिक विलियम सीमेन्स ने उच्च ताप प्राप्त करने के लिए पुनर्जनन

चित्र २६ क —हवा को उष्मित करने में चेकर का प्रकार्य

सिद्धान्त का आविष्कार किया। सन् १८६१ में सीमेन्स ने काँच गलाने के लिए इस सिद्धान्त का उपयोग कर पहली प्रयोगात्मक फर्नेस का निर्माण किया। चित्र २६ मे इस सिद्धान्त को स्पष्ट किया गया है। फर्नेस के दोनों

(चित्र २६ ख)

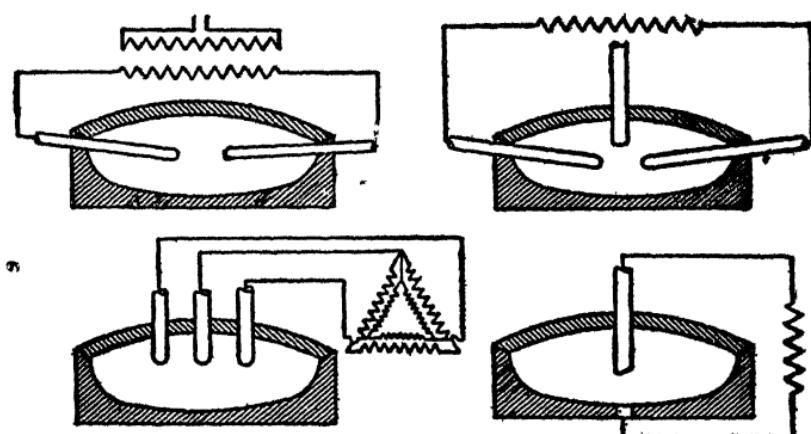
छोरो पर अग्निरोधक ईंटों को आड़ी खडी कतारों मे लगाकर चैकर बनाये जाते है। इस प्रकार की बनावट से दहन उत्पादों और ईंटों में अधिकाधिक सम्पर्क कराने का प्रयत्न किया जाता है। फर्नेस मे दहन के बाद उत्पाद एक ओर कक्ष में होकर चिमनी में जाते हैं। इस प्रकार उनकी संवेद्य ऊष्मा से चैकर की ईंटें तप्त हो जाती है। लगभग आध घटे बाद दिशा बदल दी जाती है। अब दूसरे छोर पर स्थित पुनर्जनक (पुनर्जनित्र) कक्ष की ईंटे तप्त होने लगती हैं और पहले तप्त हुए चैकर ताप देते हैं। यदि केवल वायु को पूर्व तापित करना हो तो प्रत्येक छोर पर एक-एक कक्ष रखा जाता है। वायु और गैसीय ईंधन दोनों को पूर्वतापित करने के लिए प्रत्येक छोर पर दो कक्ष होते है। इस प्रकार दहन उत्पादो की संवेद्य ऊष्मा से पूर्वतप्त होकर ताप देने का क्रम लगभग आध घंटे तक चलता रहता है।

पुनर्जनन सिद्धान्त की सफलता के पूर्व तंदूर फर्नेस मे इस्पात गलानेवाले उच्च ताप का उद्‌भव संभव नही था। पिग लोह की परिशोधन-क्रिया में कार्बन के निष्कासन के साथ-साथ धातु का द्रवणांक ऊपर होता जाता था, जिसके फलस्वरूप मल मिश्रित लोह लेपी दशा मे प्राप्त होता था। इसका वर्णन हम 'पिटवाँ लोह' के उत्पादन मे कर चुके हैं। पुनर्जनन सिद्धान्त की सफलता से यह संभव हो गया कि उच्च ताप पर मल से मुक्त धातु द्रव दशा में प्राप्त की जा सके। सन् १८६८ में सीमेन्स ने लोह ओर की सहायता से पिग लोह की अशुद्धियों को आक्सीकृत करने की युक्ति सोची। इस प्रकार सीमेन्स की 'पिग एवं ओर विधि' का प्रारंभ हुआ। सीमेन्स की एक प्रारम्भिक कठिनाई यह थी कि पुनर्जनन से उत्पादित अत्यन्त उच्च ताप के कारण फर्नेस की छत गल जाती थी। बाद में जब शुद्ध सिलिका ईंटों की पतली छत बनायी गयी, तब औद्योगिक पैमाने पर इन फर्नेसो में इस्पात बनाना संभव हुआ।

मार्टिन बंधुओ ने गलित पिग लोह को इस्पात क्षेप्य से तनु करके आक्सीकरण के लिए आवश्यक लोह अयस्क की मात्रा बहुत घटा दी। आज जो विवृत तंदूर विधि व्यवहृत होती है, वह सीमेन्स और मार्टिन

बंधुओ के विचारो का वास्तविक लाभदायक मेल है। इसी कारण यह 'सीमेन्स मार्टिन विधि' भी कहलाती है, जिसमें पिग लोह, इस्पात क्षेप्य और लोह अयस्क का उपयोग होता है। प्रारंभिक फर्नेसों का पूर्ण अस्तर अम्लीय होता था। सन् १८८८ मे फास्फोरस को कम करने के लिए प्रथम क्षारीय विवृत तंदूर फर्नेस बनायी गयी। इसकी तंदूर और भित्तियाँ मेगनेसाइट की बनी थी। आज संपूर्ण विश्व का अधिकांश इस्पात-उत्पादन क्षारीय विवृत तंदूर विधि से होता है। इसके कारणों की चर्चा हम अगले अध्यायो में करेंगे।

विद्युत् चाप फर्नेस

सन् १८०० में वैज्ञानिक हम्फ्री डेवी ने कार्बन चाप की खोज कर ली थो, परन्तु फर्नेस में प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष चाप (चित्र २७) का प्रथम उपयोग

चित्र २७—विद्युच्चाप फर्नेसों का सिद्धान्त

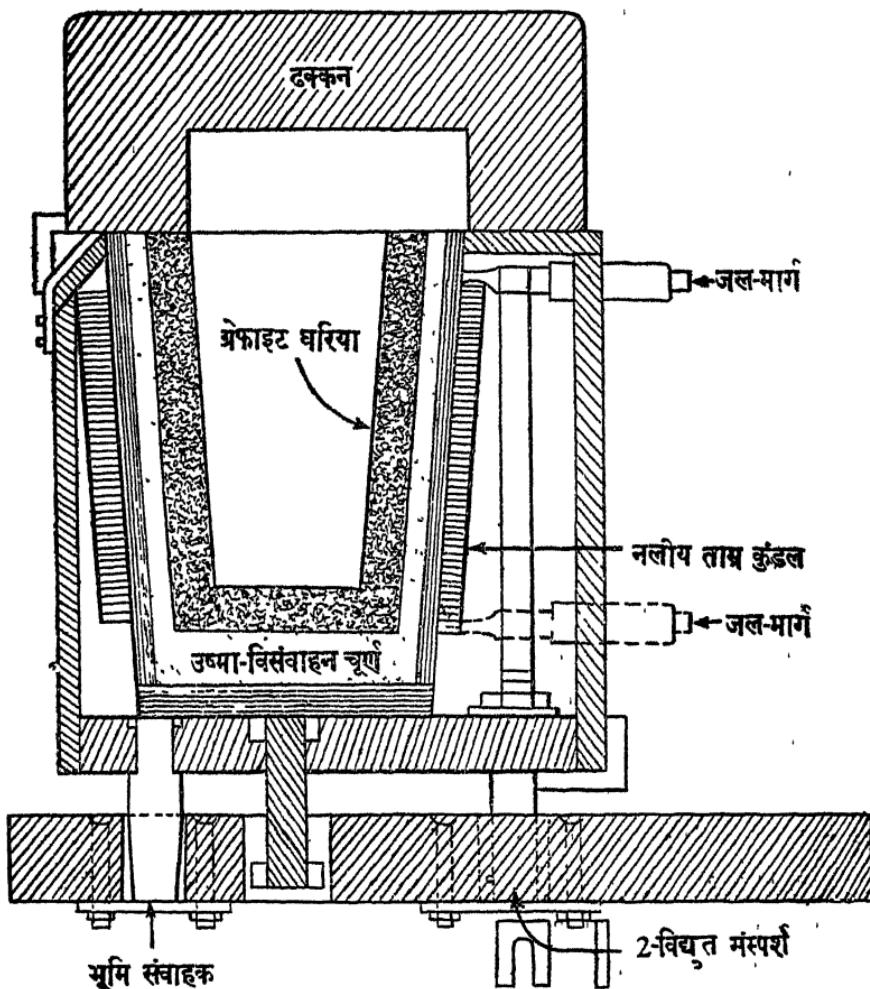
सन् १८७८ में विलियम सीमेन्स ने किया। उन दिनों अधिक मात्रा मे विद्युत शक्ति उपलब्ध नही थी, उसका मूल्य अधिक था और धारा संचलन के लिए उपयुक्त कार्बन विद्युदग्रों का विकास नही हुआ था, इसलिए इस्पात

गलानेवाली विद्युत् फर्नेसों का निर्माण आगे नही बढ सका। विद्युत फर्नेस द्वारा इस्पात का प्रथम व्यावसायिक सफल उत्पादन सन् १८९९ मे हेरोल्ट ने किया। विद्युत शक्ति के विकास और अहं इस्पात की बढ़ी हुई माँग ने विद्युत विधि को बहुत प्रोत्साहन दिया है। ईंधन के स्थान मे ताप उत्पादन के लिए विद्युत शक्ति का उपयोग करने के अनेक धातुकीय लाभ हैं।

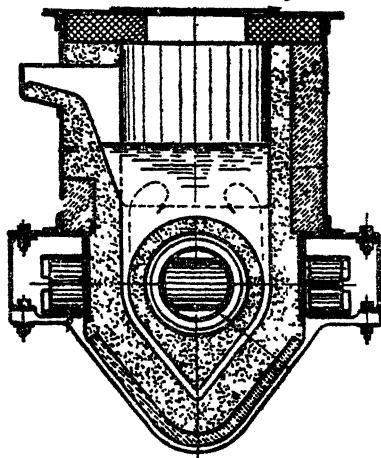
विद्युत् प्रेरक फर्नेस

बैसेमर, विवृत तंदूर और विद्युत् चाप विधियों की सफलता के फलस्वरूप भिन्न-भिन्न प्रकार के इस्पातों के पुंजोत्पादन मे आशातीत प्रगति हुई। अच्छी किस्म के टूल इस्पातों के लिए अभी तक घरिया विधि का ही उपयोग होता था और वह श्रेष्ठ मानी जाती थी। इस कष्टसाध्य विधि के स्थान में सरल, सुलभ और श्रेष्ठ विद्युतीय प्रेरक विधि का व्यावहारिक उपयोग सन् १९२७ में शेफील्ड में किया गया। उस समय से निरन्तर विकास के फलस्वरूप टूल इस्पातो, उच्च मेल इस्पातो और अन्य धातुमेलों के उत्पादन में प्रेरक फर्नेस (चित्र २८ क तथा २८ ख) का उपयोग होता है। धातुकीय दृष्टि से इस्पात गलाने के लिए यह आदर्श विधि मानी जा सकती है। इसे विद्युतीय घरिया विधि भी कहा जा सकता है, जिसमें सामान्य घरिया विधि का कष्ट और परेशानी नहीं रहती। शोध और नये धातुमेलों को विकसित करने में प्रेरक फर्नेस का बहुत महत्त्व है।

विचार करने पर ज्ञात होता है कि इस्पात के पुजोत्पादन की तीनो क्रान्तिकारी विधियाँ; बैसेमर विधि, विवृत तंदूर विधि और विद्युत चाप विधि, उन्नीसवी शती के उत्तरार्ध मे आविष्कृत हो चुकी थी। तब से ये तीन विधियाँ ही इस्पात के पुजोत्पादन में व्यवहृत हो रही हैं। प्रारंभ की फर्नेसों और संबंधित यान्त्रिक उपकरणो में अनेक विकास हुए है, उनका आकार और उत्पादन बढ़ा है, परन्तु विधियों के मूल सिद्धान्त में कोई परिवर्तन नही हुआ। फास्फोरस की मात्रा कम करने के लिए क्षारीय बैसेमर, क्षारीय

विवृत तंदूर और क्षारीय विद्युत् चाप विधियाँ व्यवहार मे लायी जाती हैं। इनका अस्तर क्षारीय अग्निरोधको का बनाया जाता है।

चित्र २८ क—विद्युत-उच्च प्रेरक फर्नेस

एल० डी० विधि

सन् १९५१ मे परिवर्त्तक विधि का एक अत्यन्त महत्त्वपूर्ण सपरिवर्त्तन आस्ट्रिया मे विकसित किया गया है। इसे एल० डी० विधि कहते है। परिवर्त्तक पात्र मे गलित लोह् की सतह पर शुद्ध आक्सीजन धमित की जाती है। अत्यन्त शीघ्रता से रासायनिक क्रियाएँ पूर्ण होकर उत्तम इस्पात

चित्र २८ ख—विद्युत्-निम्न प्रेरक फर्नेस

की प्राप्ति होती है। इस विधि के अनेक लाभों के कारण विश्व के कई देशों में एल० डी० विधि से इस्पात उत्पादन होने लगा है और इसका अधिकाधिक प्रसार होने की संभावना है। भारत में रूरकेला मे एल० डी० विधि से इस्पात उत्पादन होने लगा है। इन सभी आधुनिक विधियों का अगले अध्यायो में विस्तृत वर्णन किया जायगा।

अध्याय ९

वातीय विधियाँ

सामान्य सिद्धांत

इन विधियो मे गलित पिग लोह् की अशुद्धियो को आक्सीकृत करने के लिए हवा, आक्सीजन समृद्ध हवा, शुद्ध आक्सीजन और वाष्प अथवा कार्बन डाई आक्साइड इत्यादि के मिश्रण का उपयोग होता है। लोह् मे विद्यमान सिलिकन, मैंगनीज और कुछ लोह् आक्सीकृत होकर लोह्-मैंगनीज सिलिकेट मल बनाते हैं। तदनन्तर कार्बन, आक्सीकरण से प्राप्त कार्बन मोनाक्साइड और कार्बन डाई आक्साइड गैसों के रूप में निष्कासित होती है। इन अशुद्धियों, विशेषतः सिलिकन के आक्सीकरण से बहुत ऊष्मा का उद्भव होता है, जिससे धातु का ताप और तरलता बढ़ जाती है। यह अम्लीय बैसेमर विधि कहलाती है। इसमे वायु-प्रवात परिवर्त्तक के नितल मे स्थित क्षिपों[1] में से भेजा जाता है। सन् १८७० से १९१० तक विश्व इस्पात उत्पादन का अधिकाश भाग इसी विधि द्वारा बनाया गया।

इस्पात के उत्पादन के लिए संधानी[2] में अम्लीय अस्तर वाले छोटे परिवर्त्तक व्यवहृत होते हैं। इन्हे बाजू धमित परिवर्त्तक या आविष्कर्त्ता के नाम पर 'ट्रापीनास परिवर्त्तक' कहते है। इनमे क्षिप बाजू में स्थित रहते हैं।

१. Tuyers
२. Foundry

क्षारीय बैसेमर परिवर्त्तक[1] या टामस परिवर्त्तक का अस्तर क्षारीय पदार्थों का बनाया जाता है तथा चूने की सहायता से क्षारीय मल बनाकर फास्फोरस को निष्कासित किया जाता है। इस विधि मे धमन अवधि के दो उपभाग होते हैं। 'पूर्व धमन' अवधि में सिलिकन, मैंगनीज और कार्बन का आक्सीकरण होता है। इसके पश्चात् 'उत्तर धमन' अवधि में फास्फोरस आक्सीकृत होकर मल में मिलता है। इस विधि में भी प्रवात परिवर्त्तक के नितल में स्थित क्षिपों से भेजा जाता है।

वातीय विधियों में नवीनतम विकास शीर्ष धमित परिवर्त्तकों का हुआ है। परिवर्त्तक के मुँह में नलिका डालकर द्रव की सतह पर शुद्ध आक्सीजन धमित की जाती है। इस सिद्धान्त पर आधारित एल० डी० विधि शीघ्रता से लोकप्रिय हो रही है। विभिन्न वातीय परिवर्त्तको में आक्सीकारक गैस धमित करने की रीति चित्र २९ मे स्पष्ट की गयी है।

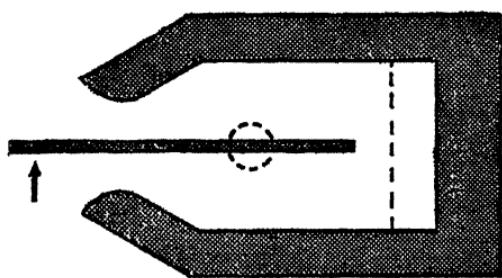
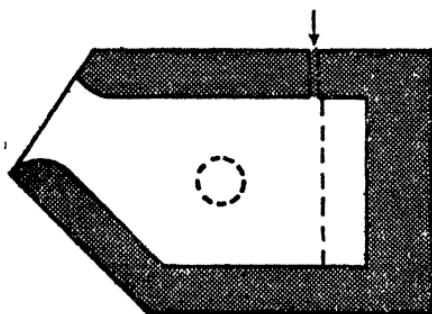
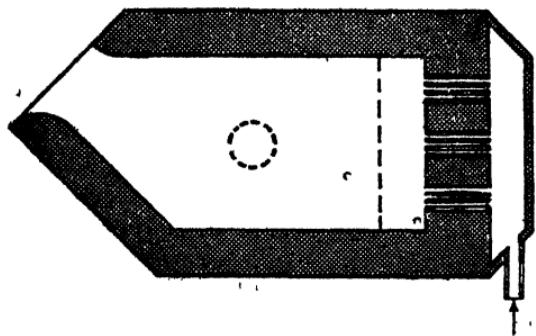
वातीय विधियों के गुण और दोष

(१) सभी वातीय विधियो मे पिग लोह को इस्पात मे परिवर्तित करने की गति बहुत तीव्र होती है। कुछ ही मिनटो में बिना किसी ईंधन का उपयोग किये अशुद्धियों का निष्कासन होकर पिग लोह, इस्पात में परिवर्तित हो जाता है।

(२) परिवर्त्तक पादप[2] और संबंधित सहायक उपकरणो की संस्थापन व्यय कम होता है।

(३) बैसेमर इस्पातों की यन्त्रण और संधान[3] क्षमता अच्छी होती है।

(४) किसी ईंधन का उपयोग न करने से इस्पात का उत्पादन व्यय कम रहता है। इस प्रकार सस्तेपन, सरलता और शीघ्र उत्पादन के मेल के

१. Converter
२. Plant, संयंत्र
३. Welding

चित्र २९—वातीय परिवर्तकों में आक्सीजन धमन की तीन विधियाँ

कारण वातीय विधियाँ बहुत अपेक्षित है। परन्तु इनकी कुछ कमियों का भी उल्लेख करना आवश्यक है—

१—इन विधियो मे ताप उत्पादन विभिन्न अशुद्धियो के आक्सीकरण मे होता है। अत. सफल नियंत्रण और उत्पादन के लिए धातु का रासायनिक समास[1] निश्चित सीमा मे रखना आवश्यक है। यह न होने पर प्रक्रिया मे अत्यधिक या कम ताप का उद्भव होता है।

२—गलित लोह मे वायु धमित करने से धातु में नाइट्रोजन विलयित हो जाता है, जो वयः काठिन्य[2] कर इस्पात की तन्यता को कम कर देता है। इस कारण इस्पात की वितान शक्ति, यन्य बिन्दु[3] और दृढता बढ़ जाती है परन्तु इस्पात तन्यता की कमी के कारण गहरे दाबन के अयोग्य हो जाता है। नितल-धमित विधियों मे विलयित नाइट्रोजन की मात्रा सर्वाधिक, बाजू-धमित मे मध्यम और शीर्ष-धमित परिवर्त्तकों मे सबसे कम होती है। क्षारीय विधि मे नाइट्रोजन का विलयन सबसे अधिक होता है। शुद्ध आक्सीजन के साथ वाष्प या कार्बन डाई आक्साइड के मिश्रण का उपयोग कर यह कठिनाई दूर करने के प्रयत्न किये जा रहे हैं।

३—उत्पादन की गति द्रुत होने के कारण आक्सीकरण पर पूर्ण नियंत्रण रखना कठिन है। अतिम इच्छित कार्बन प्राप्त होने का निर्णय करने मे भूल होने की संभावना अधिक रहती है। इस कारण वातीय विधियो से ०.३ प्रतिशत या कम कार्बन वाले इस्पात उत्पादित किये जाते है। कार्बन की मात्रा इससे अधिक करने के लिए इस्पात मे कार्बनीकारक पदार्थ डाले जाते है।

४—परिवर्त्तक मे प्रत्येक बार लगभग २५ टन इस्पात का उत्पादन

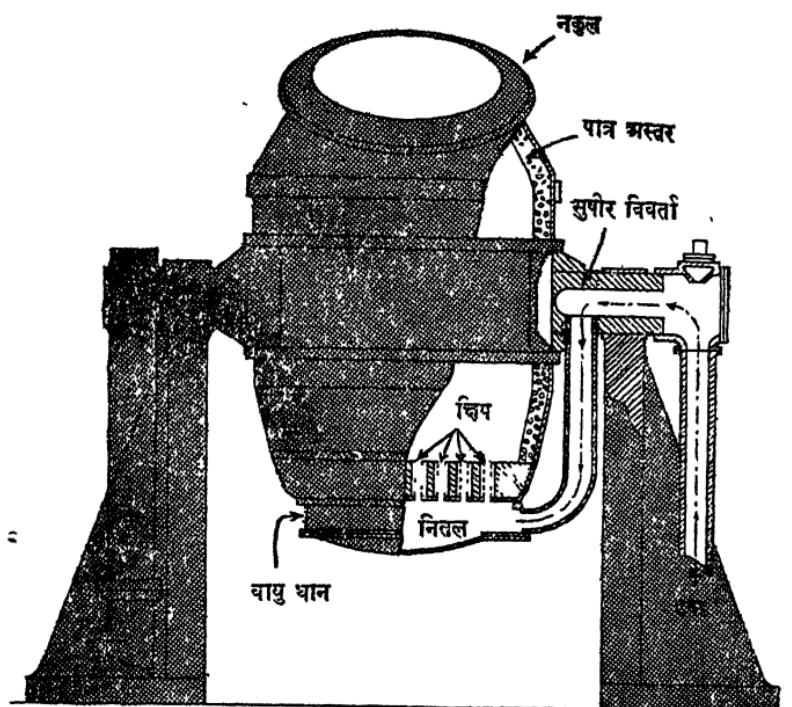
१. Composition

२. Age-hardening

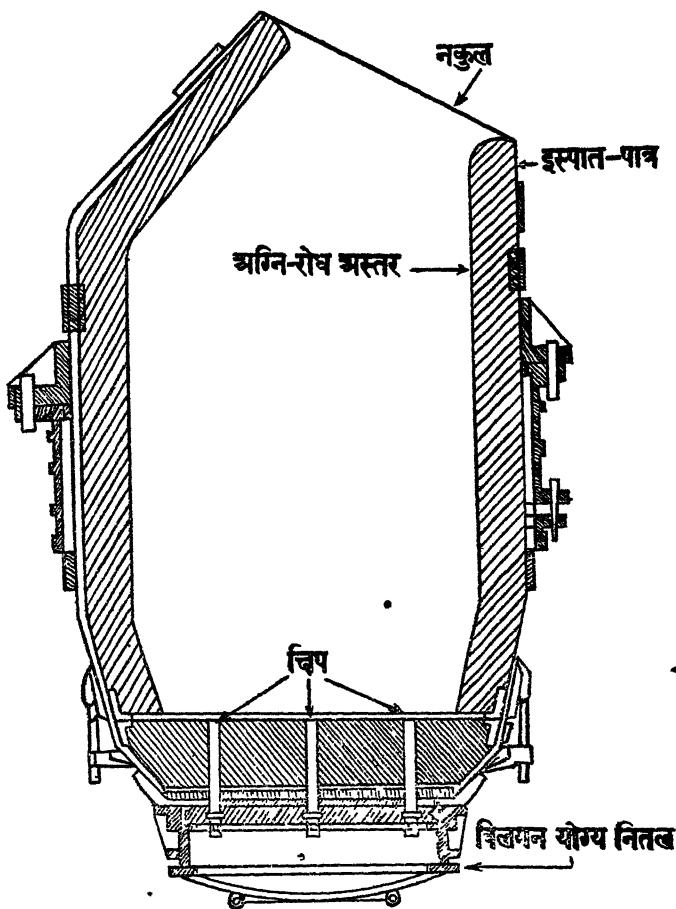
३. Yield point

होता है। इतने छोटे-छोटे घानों[1] में इस्पात का रासायनिक समास[2] एक घान से दूसरे घान मे बदल जाता है।

अम्लीय बैसेमर विधि

बैसेमर परिवर्त्तक—परिवर्त्तक की बनावट चित्र ३० में स्पष्ट की गयी है। इसके तीन भाग होते हैं—(१) अलग हो सकनेवाला नितल, (२)

चित्र ३०—बैसेमर परिवर्तक की बनावट

१. Batch २. Composition

मध्यवर्ती रंभाकार भाग और (३) ऊपर का मुँह जो सहकेन्द्रित या

चित्र ३१ क—विकेन्द्रित बेसेमर परिवर्तक का खण्ड

विकेन्द्रित होता है। मुँह की बनावट पर से परिवर्त्तक को सहकेन्द्र या विकेन्द्र

परिवर्त्तक कहा जाता है। चित्र ३१ क से स्पष्ट है कि विकेन्द्रित परिवर्त्तक की धातुधारिता अधिक होती है। साथ ही धमन के समय धातु और मल बाहर कम उडते हैं तथा बाहर उडनेवाले मल और धातुकण चारों ओर न फैलकर एक ही ओर गिरते है। इन लाभो के अतिरिक्त विकेन्द्रित मुँह से ताप की अपेक्षाकृत कम हानि और परिवर्त्तक को झुकाते समय प्रवात को जल्दी बंद कर देने की सुविधा के कारण विकेन्द्रित परिवर्त्तक अधिक लोकप्रिय हुए है।

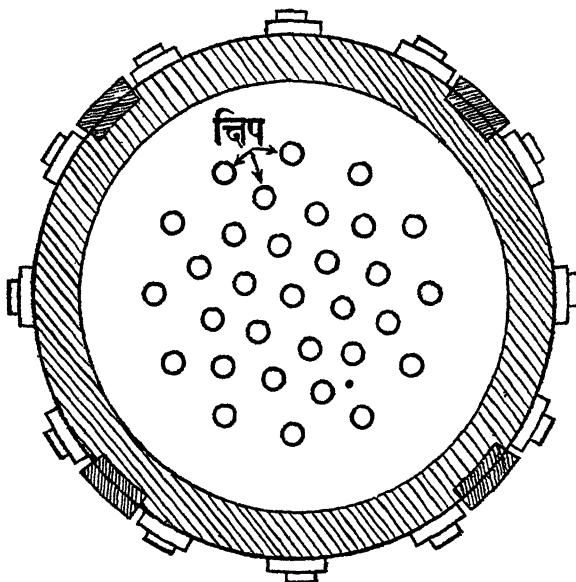
परिवर्त्तक का कर्पर[1] इस्पात का बनता है, जिसमें अदर उत्तम अम्लीय अग्निरोधको का अस्तर लगाया जाता है। पूरा परिवर्त्तक पात्र दो ट्रनियनों पर सधा रहता और आगे-पीछे झुकाया जा सकता है। एक ट्रनियन पोला होता है जिसमें से हवा परिवर्त्तक के नितल में स्थित वायुकक्ष मे भेजी जाती है। ऐसा प्रबंध रहता है जिससे परिवर्त्तक की किसी भी स्थिति मे वायु-प्रवात बिना रुकावट के धमित किया जा सके। अग्निरोधक अस्तर बनाने के लिए उत्तम सिलिका ईंटे व्यवहृत होती है। अस्तर की मोटाई १२ से १५ इंच होती है। प्रत्येक धमन के बाद अस्तर का निरीक्षण किया जाता है। एक अस्तर की कार्य-अवधि १००० से २००० धमन होती है।

अलग होनेवाले नितल का उपयोग परिवर्त्तक की **प्ररचना और** बनावट के विकास मे एक महत्त्वपूर्ण चरण है। क्षिपों से निकलकर हवा लोह के संपर्क मे आती है और उसे आक्सीकृत कर आक्साइड बनाती है। यह नितल मे लगे क्षिपों और अग्निरोधकों का संक्षय[2] करती है। इस कारण नितल का जीवन केवल २०-२५ धमन ही होता है। चित्र ३१ 'ख' मे संक्षयिक नितल का खंड दिखाया गया है। इस प्रकार परिवर्त्तक के साथ स्थायी रूप से न जुडे हुए नितल का महत्त्व स्पष्ट है। नितल-घर मे अनेक नितल पहले से तैयार रखे जाते हैं और आवश्यकता पड़ने पर २०-२५ मिनट

१. Shell   २. Corrosion

मे पुराने संक्षयित नितल हटाकर नये नितल लगा दिये जाते हैं। नितल में क्षिपों की स्थिति चित्र मे दिखायी गयी है।

वायु-प्रवात

गलित पिग लोह की अशुद्धियों को आक्सीकृत करने के लिए वायु-प्रवात मजबूत धमन इंजनों द्वारा भेजा जाता है। वायु का दबाव इतना

चित्र ३१ ख—परिवर्तक नितल का खण्ड

रखा जाता है कि क्षिप-छिद्रो से गलित धातु वायु-कक्ष में न जा सके। वायु का दबाव लगभग २५ पौंड प्रति वर्ग इंच रखा जाता है। धमन के प्रारंभ में धातु का ताप कम होने के कारण तरलता कम रहती है, जिससे

अधिक दबाव पर प्रवात भेजने की आवश्यकता पड़ती है। बाद में तरलता बढ जाने पर प्रवात के प्रवाह में धातु का अवरोध कम हो जाता है; तब दबाव और कम किया जा सकता है। धमन में पिग लोह के रासायनिक समास पर आधारित वायु की औसत खपत ५ से ८ टन होती है। सम्पूर्ण विधि में १८-२० मिनट लगते हैं। इस हिसाब से २० टन वाले परिवर्त्तक में प्रति मिनट लगभग १६५०० से १८५०० घनफुट वायु की आवश्यकता होती है।

उपयुक्त पिग लोह का चुनाव

अम्लीय विधि द्वारा इस्पात के उत्पादन में उपयुक्त रासायनिक समास वाले पिग लोह का चुनाव बहुत महत्त्वपूर्ण है। इस विषय में निम्नलिखित बातों को ध्यान में रखना आवश्यक है।

सिलिकन—इसके आक्सीकरण से सर्वाधिक ताप का उद्भव होता है। अतः यदि सिलिकन की मात्रा १ प्रतिशत से कम हो तो धमन में धातु शीतल हो जायगी। यदि सिलिकन की मात्रा ३ % से अधिक हो तो धमन में धातु उग्र रूप से गरम हो जायगी, जिसके कारण सिलिकन के पहले कार्बन का निष्कासन होकर इस्पात में 'शेष सिलिकन' बच रहेगा और परिवर्त्तक के मुँह से अधिक तरलता के कारण मल बाहर फेंका जायगा। 'शेष सिलिकन' की अधिक मात्रा का इस्पात के गुणों पर हानिकारक प्रभाव पड़ता है।

सिलिकन आक्सीकृत होकर मिश्रित लोह मैंगनीज सिलिकेट मल बनाता है। अतः स्पष्ट है कि पिग लोह में सिलिकन की मात्रा अधिक होने पर मल के रूप में अधिक लोहे की हानि होगी। इस कारण पिग लोह में सिलिकन की मात्रा १.५ से २.५ प्रतिशत रहना अपेक्षित है।

कार्बन—पिग लोह में कार्बन की मात्रा ३.५ से ४ प्रतिशत तक रहती है। इसकी मात्रा पर प्रवात भट्ठी में नियंत्रण रखना कठिन है। कार्बन की मात्रा अधिक होने पर धमन अवधि बढ जाती है और कोई लाभ नही होता।

मैंगनीज—विधि मे मल का प्रकार और आचरण उसकी मैंगनीज आक्साइड की मात्रा पर अवलंबित रहता है। इसी कारण पिग लोह में मैंगनीज की मात्रा का महत्त्व है। साधारणतः सिलिकन प्रतिशत से मैंगनीज की मात्रा लगभग आधी (०.७ से १ %) रखी जाती है। इससे अधिक होने पर धमन अवधि बढ़ जाती है, मल अत्यधिक तरल होकर बाहर उड़ने लगता है और परिवर्त्तक के अग्निरोधक अस्तर का संक्षय बढ़ जाता है।

गंधक और फास्फोरस—अच्छे इस्पात में इनमें से प्रत्येक की मात्रा ०.०५ % से कम होना आवश्यक है। अम्लीय पद्धति में पिग लोह में इन तत्त्वों की विद्यमान कुल मात्रा इस्पात में आ जाती है। विधि में आक्सीकरण, मल और धुएँ इत्यादि के रूप में १२-१५ % धातु की हानि होती है जिसके फलस्वरूप इस्पात में गंधक और फास्फोरस की प्रतिशत मात्रा बढ़ जाती है। इस कारण यह आवश्यक है कि पिग लोह में इन तत्त्वों में से प्रत्येक की मात्रा ०.०४ % से कम हो।

अम्लीय बैसेमर पद्धति से अच्छे इस्पात के उत्पादन के लिए उपयुक्त रासायनिक समास वाले पिगलोह का महत्त्व उपर्युक्त चर्चा से स्पष्ट है। विश्व की अधिकाश प्रवात फर्नेसों में बननेवाले पिग लोहों का रासायनिक समास इन सीमाओं में नही रहता। अच्छे लोह ओर और कोक की कमी के कारण विशेषतः फास्फोरस की मात्रा अधिक रहती है। इस कारण द्रुत गति और विधि की सरलता होते हुए भी विश्व इस्पात उत्पादन का अधिकांश भाग इस विधि द्वारा तैयार नही होता। अम्लीय बैसेमर और क्षारीय विवृत तंदूर के मेल से बनी द्वैध विधि की चर्चा हम आगे करेंगे। इस्पात के पुजोत्पादन के लिए यह विधि सफल हुई है।

धातु का धमन

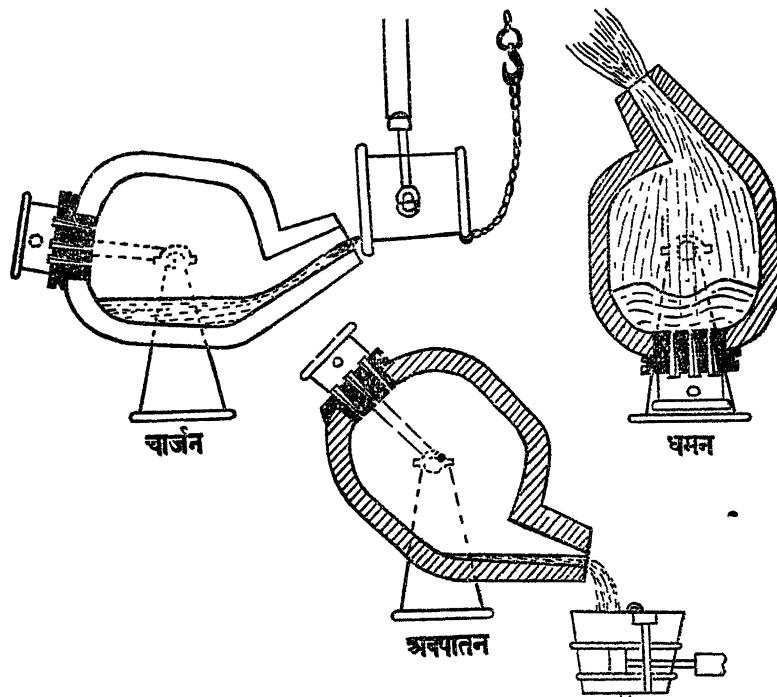
परिवर्त्तकों की धारिता १० से २५ टन होती है। मिश्रक से पिग लोह लाकर परिवर्त्तक पात्र में डाला जाता है। परिवर्त्तक में धातु की गहराई

लगभग २० इंच होती है। प्रवात आरम्भ करने के बाद पात्र को खड़ा कर दिया जाता है। धातु-कुंभ में वायु की यात्रा से कुछ लोह आक्सीकृत हो जाता है। वायु के प्रवाह के कारण यह पूरे कुंभ में वितरित हो जाता है और धातु मे उपस्थित सिलिकन और मैंगनीज का आक्सीकरण होने लगता है। यह धमन की प्रथम अवस्था है। लोह और मैंगनीज आक्साइड सिलिकेट मल बनाते है। ये सब तापद[1] क्रियाएँ होने के कारण कुंभ का ताप शीघ्रता से बढने लगता है। इसमे अधिकाश ताप सिलिकन के आक्सीकरण से प्राप्त होता है। इस अवस्था में बहुत कम कार्बन आक्सीकृत होता है। धमन की प्रारंभिक स्थिति मे पात्र के मुँह से बभ्रु (ब्राउन) धुआँ उठता है और फिर छोटी पारदर्शक लाल रंग की ज्वाला निकलती है। सिलिकन और मैंगनीज का आक्सीकरण होकर मल बनने की इस अवस्था में ४-६ मिनट लगते हैं।

सिलिकन और मैंगनीज के लगभग पूर्ण निष्कासन के बाद शीघ्रता से कार्बन के आक्सीकरण से कार्बन मोनाक्साइड का उत्पादन होने लगता है। पात्र के मुँह से निकलते समय इसके दहन से लम्बी अपारदर्शी और चमकदार ज्वाला निकलती है। यह ज्वाला बढकर २५-३० फुट लम्बी हो जाती है और इसके साथ श्वेत तप्त मलकणो के उड़ने से सुहावनी फुलझड़िया सी निकलती है। कार्बन के आक्सीकरण की इस अवस्था को 'क्वथन' कहते हैं। कार्बन के आक्सीकरण में अधिकांश ताप की पात्र के मुँह के बाहर ज्वाला के रूप में हानि हो जाती है। इस कारण कुंभ का तापमान प्रथम सिलिकन आक्सीकरण अवस्था के समान शीघ्रता से नही बढता। धमन समाप्त होने पर प्राप्त इस्पात का ताप प्रधानतः पात्र मे डालते समय पिग लोह के ताप और उसकी सिलिकन प्रतिशतता पर अवलंबित रहता है।

परिवर्त्तक की धमन अवधि में ज्वाला के रूप तथा गुण और मुँह से

१. Exo-thermic ऊष्माक्षेपक

निकलती चिनगारियों से धातु के ताप और उसमें बची कार्बन की मात्रा का अनुमान लगाया जाता है। यह बहुत कुशलता का कार्य है और अनेक वर्षों के अनुभव के बाद इसमे सिद्धहस्तता प्राप्त हो जाती है। धमन के अंत में ज्वाला शान्त होने लगती है। यदि अधिक देर तक धमन हो जाय

चित्र ३२—बेसेमर परिवर्तक की विभिन्न स्थितियाँ

तो धातु में विलयित लोह आक्साइड की मात्रा बहुत बढ़ जाने से इस्पात घटिया हो जाता है। इस खराबी के लिए केवल पंद्रह सेकंड का अति-

धमन पर्याप्त होता है। इसके विपरीत यदि धमन समाप्त करने मे शीघ्रता की जाय तो कार्बन पूर्णतः निष्कासित नही होता और इष्ट वर्ग का इस्पात नही बनता। यहाँ धमनकर्त्ता की धातुकीय कुशलता और अनुभव की परख होती है। प्रारंभ से समाप्ति तक धमन में औसतन १५ मिनट लगते है। इस अवधि में २०–२५ टन पिग लोह इस्पात में परिवर्तित हो जाता है। चित्र ३२ में परिवर्त्तक की विभिन्न स्थितियाँ दिखायी गयी है।

कभी-कभी परिवर्त्तक के धमन मे उग्र ताप का उद्भव होता है। यह प्रमुखतः पिग लोह मे सिलिकन की अधिकता के कारण होता है। इस अवस्था को सुधारने के लिए विधि के प्रारम्भ में इस्पात क्षेप्य की उचित मात्रा पात्र में डाली जाती है, अथवा धमन करते समय वायु के साथ वाष्प-मिश्रित कर दी जाती है। इसकी व्यवस्था और सुविधा पहले से की हुई रहती है। वाष्प का विवन्धन[1] एक तापशोषक क्रिया है, जिसके फलस्वरूप कुंभ का ताप कम हो जाता है। जब धमन मे अपर्याप्त ताप का उद्भव होता है, तब अतिरिक्त ऊष्मा का उत्पादन करने के लिए परिवर्त्तक को थोड़ा झुका दिया जाता है जिससे कुछ क्षिप धातु की सतह से बाहर निकल आते है। इनसे निकलनेवाली वायु से कुछ कार्बन मोनाक्साइड कुंभ के ऊपर जलकर अतिरिक्त ताप उत्पन्न करती है। पिग लोह में सिलिकन की मात्रा कम होने पर लोह सिलिकन डालकर उचित ताप के उद्भव की व्यवस्था की जाती है। यह स्मरणीय है कि वाष्प द्वारा ताप कम करना वांछनीय रीति नही है। वाष्प के प्रवेश से इस्पात के गुणों पर हानिकारक प्रभाव पड़ता है और ताप-नियंत्रण का संतुलन बिगड़ जाता है। इसी प्रकार पात्र को झुकाकर धमित करने से उत्पादन कम हो जाता है। इस्पात का समाप्ति ताप १५४०° से १६००° से० तक रहना अपेक्षित है। इससे कम

१. Decomposition

होने पर धातु शीतल होकर लेडिल में जमने लगती है। अधिक ताप होने पर इस्पात उग्र और अनियंत्रित हो जाता है और उससे बने इन्गटो (पिंडकों) में दरारें पड़ जाती हैं।

धमन की समाप्ति—जब धमनकर्त्ता यह निर्णय कर लेता है कि कार्बन का आक्सीकरण हो चुका, परिवर्त्तक पात्र को झुकाकर प्रवात बंद कर दिया जाता है। इस समय इस्पात अपनी समापित अवस्था मे नही रहता। धमन में सावधानी रखने पर भी कुछ आक्सीजन गलित धातु में विलयित रहती है। यदि इसे ऐसे ही रहने दिया जाय तो सपिंडन में धमन छिद्र बन जायँगे, अन्यथा अधातुकीय अशुद्धियों के अंतर्भूत इस्पात को अशुद्ध बना देंगे। विलयित आक्सीजन के अतिरिक्त इस अवस्था में कार्बन की मात्रा बहुत कम रहती है, जिसके फलस्वरूप अधिकाश उपयोगों के लिए इस्पात बहुत मृदु रहता है। विलयित आक्सीजन को कम करने और इस्पात में कार्बन की इष्ट मात्रा लाने के लिए अनाक्सीकारक और पुनःकार्बनक पदार्थ उपयोग मे लाये जाते है। इन पदार्थों में स्पीजेल, लोह मैंगनीज, कोक चूर्ण, लोह सिलिकन और एल्यूमिनियम प्रमुख हैं। इनके रासायनिक विश्लेषण की चर्चा चौथे अध्याय में की जा चुकी है। इन लोह मेलों को इस्पात मे डालने से मैंगनीज़ और लोह आक्साइड मे प्रक्रिया होकर मैंगनीज़ आक्साइड बनता है, जो लोह आक्साइड के विपरीत गलित धातु मे अघुलनशील होता है। इस कारण यह सतह पर आकर मल मे मिल जाता है। शेष मैंगनीज इस्पात में विद्यमान रहता है। सिलिकन आक्साइड भी मल बनाता है। स्पीजेल और लोह मैंगनीज में क्रमश. २ से ४ और ६ से ७ प्रतिशत कार्बन विद्यमान रहता है,जो इस्पात की कार्बन मात्रा अधिक कर उसकी शक्ति और कठोरता बढ़ाता है। यदि धमित धातु मे कार्बन की मात्रा बहुत कम हो तब अंतिम इस्पात में अधिक कार्बन प्राप्त करने के लिए कभी-कभी गलित पिग लोह पात्र में इस्पात के साथ मिश्रित करके डाला जाता है। परिवर्त्तक में गलित पिग लोह डालने पर इस्पात और पिग लोह तुरंत मिश्रित हो जाते हैं और विलयित आक्सीजन

तथा कार्बन की प्रक्रिया से कार्बन मोनाक्साइड गैस बनती है। इस प्रकार सिलिकन, एल्यूमिनियम इत्यादि के अनाक्सीकरण से प्राप्त ठोस या द्रव उत्पादों के विपरीत गैस प्राप्त होती है।

गरम पिग लोह द्वारा अनाक्सीकरण करते समय यह ध्यान में रखना आवश्यक है कि पिग लोह की उपयुक्त मात्रा ही डाली जाय, अन्यथा कार्बन प्रतिशतता अधिक बढ जायगी। यदि ठोस अनाक्सीकारक और पुन.कार्बनक पदार्थ डालने हों तो उन्हे परिवर्त्तक से लेडिल मे धातु त्रोटित करते समय डाला जाता है, जिससे मिश्रण अच्छा हो सके। पात्र से इस्पात त्रोटन क्रिया धीरे-धीरे और सावधानी से की जाती है जिससे पात्र में मल की अधिकतम मात्रा रुकी रहे। इसके पश्चात् लेडिल को अवपातन मंचक पर इन्गट मोल्डों मे प्रपूरण करने के लिए ले जाते है। परिवर्त्तक पात्र को पूर्णत. उलट दिया जाता है जिससे उसमे बचा मल नीचे खड़ी गाड़ी में गिर जाता है। अब परिवर्त्तक के अग्निरोधक अस्तर का निरीक्षण कर दूसरे धमन की तैयारी की जाती है।

रासायनिक प्रक्रियाएँ

परिवर्त्तक में होनेवाली रासायनिक प्रक्रियाओ को अच्छी तरह समझने के लिए इनका नियंत्रण करनेवाले कुछ नियमों का ज्ञान आवश्यक है। "प्रत्येक प्रक्रिया की गति उसमे भाग लेनेवाले क्रियाशील अवयवों के परिमाण की समानुपाती होती है।" इसे "परिमाण क्रिया" नियम कहते है। अत: क्रियाशील अवयवो का परिमाण बढाकर क्रिया की गति को बढ़ाया जा सकता है। दूसरे नियम के अनुसार किसी बाहरी स्रोत से ताप की अनुपस्थिति में वे यौगिक पहले बनते है जिनमें ताप का उद्भव क्रमशः सर्वाधिक होता है।

परिवर्त्तक के क्षिपों से प्रवात के कुभ मे प्रविष्ट होते ही वायु की आक्सीजन और गलित लोह मिलकर लोह आक्साइड FeO बनाते हैं। यह लोह आक्साइड प्रवात द्वारा हुए कुंभ के प्रक्षोभ से वितरित होकर अशुद्धियो

को आक्सीकृत करता है। परिवर्त्तक मे होनेवाली विभिन्न क्रियाओं पर क्रम से विचार किया जायगा।

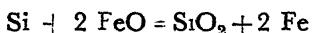
(१) सर्वप्रथम लोह आक्सीकृत होकर FeO बनता है—

$$2\ Fe + O_2 = 2\ FeO$$

यह क्रिया तापद होने के कारण कुंभ की ऊष्मा बढाती है। FeO गलित लोह में विलयित होकर उग्र प्रक्षोभ के कारण कुंभ में सर्वत्र वितरित हो जाता है। नितल के समीप FeO का स्थानीय सान्द्रण अधिक होने के कारण क्षिपों और नितल के अग्निरोधकों का संक्षय होता है।

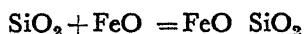
(२) FeO तथा सिलिकन और मैंगनीज़ की प्रक्रिया होकर SiO_2 और MnO बनते हैं।

$$Si + 2\ FeO = SiO_2 + 2\ Fe$$

$$Mn + FeO = MnO + Fe$$

ये दोनों प्रक्रियाएँ तापद हैं और धमन के प्रारंभिक भाग में अधिकांश ताप इन्ही से प्राप्त होता है।

(३) सिलिकन, मैंगनीज और लोह आक्साइडो की प्रक्रिया से मल बनता है—

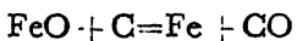
$$SiO_2 + MnO = MnO.\ SiO_2$$

$$SiO_2 + FeO = FeO\ SiO_2$$

जब तक सिलिकन और मैंगनीज़ आक्सीकृत होते रहते हैं, कुंभ के कार्बन-प्रतिशत में विशेष कमी नही होती। यह 'सिलिकन धमन' लगभग ४–५ मिनट चलता है। परिवर्त्तक के मुंह से बाहर जाती गैसों में प्रमुखतः नाइट्रोजन, कुछ कार्बन डाई आक्साइड और अल्प मात्रा में आक्सीजन और हाइड्रोजन रहती हैं। प्रवात मे विद्यमान वाष्प के वियवन[१] से हाइड्रोजन प्राप्त होती है।

१. Dissociation

(४) सिलिकन और मैंगनीज का आक्सीकरण लगभग पूर्ण होने पर धमन का दूसरा भाग प्रारंभ होता है, जिसे 'कार्बन धमन' कहते है। इसमे निम्नलिखित प्रक्रियानुसार शीघ्रता से कार्बन का आक्सीकरण होता है—

$$FeO + C = Fe + CO$$

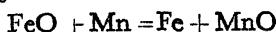
$$2C + O_2 = 2CO$$

इन प्रक्रियाओं से कुंभ मे कार्बन की मात्रा शीघ्रता से कम होने लगती है। कार्बन मोनाक्साइड निकलकर पात्र के मुँह के पास जलती है। इससे बहुत ताप का उत्पादन होता है, परन्तु अधिकाश पात्र के बाहर होने के कारण CO के CO_2 में आक्सीकरण से प्राप्त दो गुनी से अधिक ऊष्मा (६८,००० केलरी) की हानि हो जाती है और केवल कार्बन के CO मे आक्सीकरण से २९,००० केलरी कुंभ मे आती है। इसी कारण पात्र को थोडा झुकाकर धमन करने से, परिवर्तक के भीतर कुछ CO का दहन होकर कुंभ का ताप बढ जाता है।

जब तक कुंभ में कार्बन विद्यमान रहती है, लोह के आक्सीकरण मे संतुलन रहता है। चित्र ३३ में कुंभ में विद्यमान कार्बन और लोह आक्साइड की मात्रा का सबंध दिखाया गया है। धमन के इस चरण मे कुंभ का ताप अपेक्षाकृत कम बढ़ता है। प्रत्येक आक्सीजन अणु की प्रक्रिया से CO के दो अणु बनते हैं। इस समय की परिवर्तक गैसों में अधिक CO, कम CO_2 और N_2 की मात्रा मे उल्लेखनीय कमी रहती है। धमन की इस अवस्था को क्वथन भी कहते है। कार्बन प्रतिशत कम होने पर ज्वाला गिर जाती है। इस समय पात्र को झुकाकर प्रवात बंद कर दिया जाता है। यदि सावधानी न रखी जाय तो धातु का अत्यधिक आक्सीकरण होकर इस्पात का सर्वनाश हो जाता है।

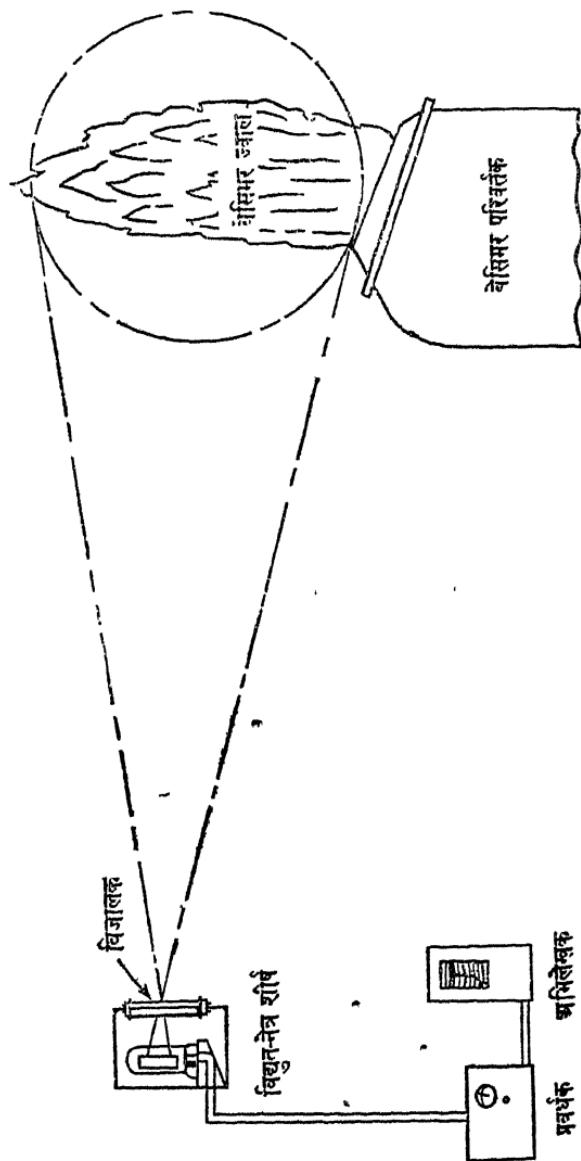
(५) अम्लीय विधि में पिग लोह में विद्यमान गंधक और फास्फोरस का निष्कासन नहीं होता। अन्य अशुद्धियों का आक्सीकरण होने से समापित इस्पात की प्राप्त मात्रा पिग लोह की तुलना मे १०–१२ प्रतिशत कम हो जाती है। इस कारण यह आवश्यक है कि इन दोनों हानिकारक

अशुद्धियो की मात्रा पिग लोह् में इतनी होनी चाहिए कि जिससे समापित इस्पात मे इनकी मात्रा ०.०५ प्रतिशत से अधिक न हो। फास्फोरस को निष्कासित करने के लिए यह आवश्यक है कि मल क्षारीय हो, वातावरण आक्सीकारक हो और सरलता से विसरण होने के लिए मल पर्याप्त रूप से तरल हो। गंधक की मात्रा कम करने के लिए क्षारीय और तरल मल तथा अपचायक वातावरण आवश्यक हैं। मल की प्रकृति अम्लीय होने के कारण इस्पात में इन दोनों तत्त्वों की मात्रा ज्यों-की-त्यों बनी रहती है।

(६) कार्बन प्रतिशत ०.०५ के लगभग पहुँचने पर ज्वाला गिर जाती है। इस समय बहुत सावधानी रखना आवश्यक है, अन्यथा लोह् की अत्यधिक मात्रा आक्सीकृत हो जायगी। सावधानी रखने पर भी कुछ लोह् आक्साइड कुभ में विलयित रहता है। इसकी मात्रा कम करने के लिए अनाक्सीकारक और पुन.कार्बनक पदार्थ लेडिल मे डाले जाते हैं। इनमें लोह् मैंगनीज़ प्रमुख है। मैंगनीज की प्रक्रिया इस प्रकार लिखी जा सकती है—

$$FeO + Mn = Fe + MnO$$

इस प्रकार से बना MnO गलित धातु में घुलनशील न होने से ऊपर आकर मल में मिल जाता है। मैंगनीज़ की तरह सिलिकन भी आक्सीकृत होकर विलयित लोह् आक्साइड की मात्रा को कम करता है। इन लोह् मेलो मे विद्यमान कार्बन से इस्पात की कार्बन-प्रतिशतता बढ जाती है। यह विशेष उल्लेखनीय है कि इन प्रक्रियाओं के बाद बने MnO तथा SiO_2 के कणों को ऊपर उठने के लिए पर्याप्त समय दिया जाना चाहिए, नही तो वे इस्पात में जहाँ तहाँ फँसे रह जायँगे और इस्पात की अर्हता को खराब करेंगे।

विधि का नियंत्रण

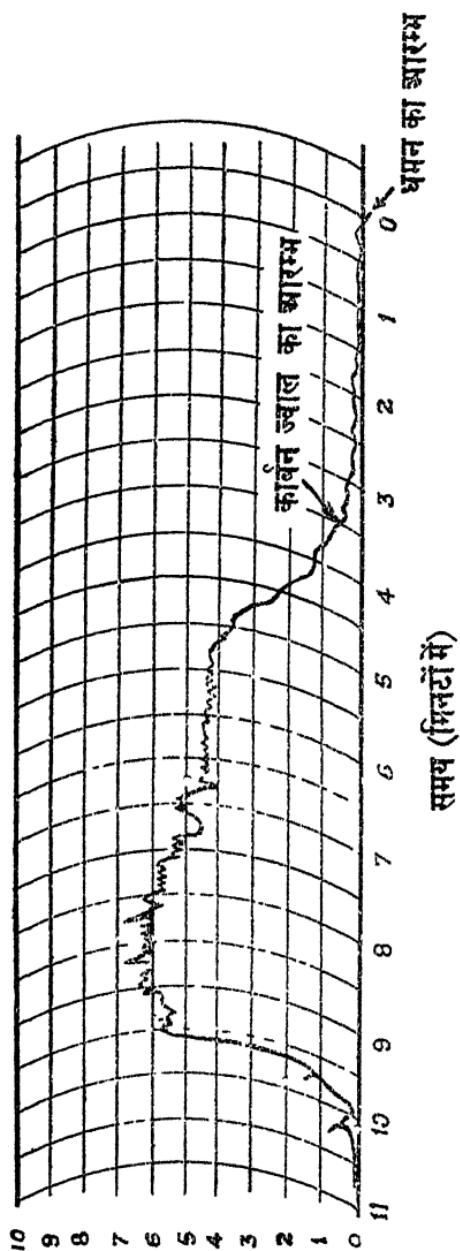
ज्वाला के शान्त होने पर धमन बंद करने के महत्त्व के विषय में ऊपर चर्चा की जा चुकी है। बैसेमर विधि में यह प्रमुख कठिनाई है, कारण कि व्यक्ति-विशेष के निर्णय की भूल से इस्पात का सर्वनाश हो सकता है। इस

चित्र ३४—प्रकाश सेल की सहायता से बेसेमर ज्वाला का नियंत्रण

व्यक्तिगत दोष को दूर करने के लिए निकट वर्षो मे अनेक प्रयत्न किये गये हैं।

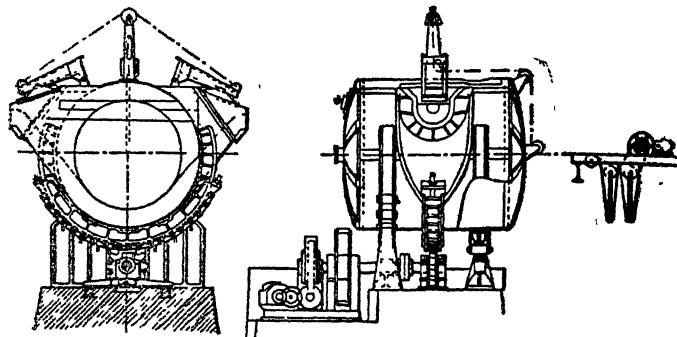
चित्र ३४ मे प्रकाश सेल की सहायता से ज्वाला के नियंत्रण की विधि को स्पष्ट किया गया है। परिवर्त्तक से लगभग साठ फुट दूर स्थित विद्युतीय नेत्र चित्र ३५ मे अंकित ग्राफ बनाता है। इस ग्राफ में बिन्दु 'अ' धमन का प्रारंभ दर्शाता है। 'अ' और 'ब' के बीच की दूरी सिलिकन धमन अवधि 'ब' और 'इ' कार्बन अवधि तथा 'स' और 'ड' की ऊँचाई इस्पात के ताप को दर्शाती है।

इस प्रसाधन की सहायता से बैसेमर विधि के नियंत्रण में काफी प्रगति हुई है, परन्तु इसका सही उपयोग करने और समझने के लिए अनुभव और परिस्थिति का समुचित ज्ञान आवश्यक है। क्रियाशील क्षिपों की संख्या, प्रवात का दबाव, तथा परिवर्त्तक के मुँह की दशा इत्यादि घटक ज्वाला की प्रकृति को प्रभावित करते हैं। नियत्रण के लिए बैसेमर ज्वाला का वर्णक्रमदर्शी की सहायता से विश्लेषण किया जाता है। वर्णक्रम की स्पष्ट व्याख्या तथा तापमान के नियत्रण के अभाव के कारण यह पद्धति अधिक लोकप्रिय नहीं हो सकी है। ज्वाला के खुले निरीक्षण और विद्युत नेत्र के लेखन की सहायता से धमन की समाप्ति और इस्पात के ताप का अच्छा नियंत्रण संभव हो सका है।

गरम पिग लोह का संभरण

बैसेमर विधि में गलित पिग लोह का धमन किया जाता है। विधि के प्रारंभिक दिनो में ठोस पिग लोह कुपला फर्नेस मे गलाया जाता था। इस प्रकार प्राप्त गलित लोह की कुछ स्वाभाविक कमियाँ विधि के लिए अनुकूल नही बैठती। पुनर्गलन में कोक में विद्यमान गंधक और फास्फोरस धातु में प्रविष्ट हो जाते हैं। इसके साथ गलित धातु के रासायनिक समास और ताप की अनिश्चितता से परिवर्त्तक के धमन पर नियंत्रण रखना कठिन हो जाता है। यह कठिनाई दूर करने के लिए आधुनिक इस्पात संयत्रो मे गरम धातु मिश्रक का उपयोग होता है।

चित्र ३५—विद्युत नेत्र द्वारा अंकित ग्राफ

गरम धातु मिश्रक

प्रवात फर्नेस से आगत गलित पिग लोह का संचय करने के लिए मिश्रक व्यवहार में लाये जाते हैं। इनकी धातु-धारिता २०० से १५०० टन तक होती है। चित्र ३६ में मिश्रक का खंड दिखाया गया है। इस रंभाकार

चित्र ३६—गरम धातु-मिश्रक

विशाल पात्र में अन्दर अग्निरोधकों का अस्तर लगा रहता है। इसे रोलरों के ऊपर झुकाया जा सकता है। मिश्रक के शीर्ष पर एक तरफ प्रवात फर्नेस से आये पिग लोह को डालने के लिए मुँह रहता है और सामने की तरफ परिवर्त्तक के लिए धातु निकालने का ओष्ठ रहता है। मिश्रक के दोनों बाजू और धातु-छिद्र के सामने ज्वालक द्वारा ताप उत्पादन की व्यवस्था रहती है, जिससे उसमें पड़ी गलित धातु की ऊष्मा बनी रहती है। प्रवात फर्नेस और परिवर्त्तक के बीच में मिश्रक का उपयोग करने के अनेक लाभ है—

१. मिश्रक गलित पिग लोह की ऊष्मा को बनाये रखता है। प्रवात फर्नेस के एक स्रोटन[१] से प्राप्त सभी धातु को परिवर्त्तक में तुरंत धमित नहीं

१. Tapping

किया जा सकता। विलंब होने से लेडिल मे रखी धातु शीतल हो जाती है। ठीक इसी तरह जब परिवर्त्तक सयंत्र को धातु की आवश्यकता हो, तब सदैव प्रवात फर्नेस को त्रोटित करना संभव नही है। मिश्रक प्रवात फर्नेस और परिवर्त्तक के कार्य को परस्पर स्वतंत्र कर देता है।

२. प्रवात फर्नेस से सीधी आनेवाली धातु के तापमान और रासायनिक समास मे विचरण होता रहता है। पहले आनेवाली धातु का तापमान अधिक और लेडिल में रुकी, बाद मे आनेवाली धातु का तापमान कम होना स्वाभाविक है। प्रवात फर्नेस के अलग-अलग त्रोटनों से प्राप्त पिग लोह के रासायनिक संगठन मे विषमता रहती है। यह भिन्नता परिवर्त्तक के धमन और नियंत्रण में कठिनाई उत्पन्न करती है। मिश्रक मे धातु और उसके तापमान की समता बनी रहती है जिससे बैसेमर विधि के प्रमापण[1] में सरलता होती है।

३. अनेक प्रवात फर्नेसों से आनेवाले पिग लोह मिश्रक में संचित किये जा सकते हैं। उनकी रासायनिक भिन्नता मिश्रक में आकर सम हो जाती है।

४. प्रवात फर्नेसों या परिवर्त्तकों के कार्य मे अस्थायी अवरोध या रुकावट आने पर कोई गडबडी नही होती।

५. मिश्रक की धातु मे विद्यमान मैंगनीज गंधक के साथ MnS यौगिक बनाता है। यह MnS धातु में अविलेय होने के कारण तैरकर सतह पर आ जाता है और इस प्रकार धातु में गंधक की मात्रा कुछ कम हो जाती है।

इस प्रकार मिश्रक के उपयोग से इस्पात उत्पादन और विधि के नियंत्रण की अनेक कठिनाइयाँ दूर हो जाती है।

धातुकीय उपलब्धि

किसी भी विधि का आर्थिक दृष्टि से लाभदायक होना कच्चे पदार्थों

१. Standardization, मानकीकरण

से उपलब्ध अच्छे इस्पात पर अवलंबित रहता है। अम्लीय बैसेमर विधि में समापित इस्पात की लब्धि साधारणतः ८७–८८ प्रतिशत रहती है। दोषपूर्ण पद्धति रहने पर इसमे बहुत कमी हो सकती है। अतिधमन से लोह की अधिक मात्रा आक्सीकृत हो सकती है। उच्च ताप और तरलता के कारण धातु और मल परिवर्त्तक के मुँह से बाहर फेंके जा सकते है, अथवा धमित धातु का तापमान कम होने पर लेडिल मे संपिंडित होकर धातु की हानि हो सकती है। इस प्रकार परिवर्त्तक के आर्थिक लाभ में बहुत अतर पड़ जाता है।

क्षारीय बैसेमर विधि

क्षारीय विधि द्वारा, क्षारीय अस्तरवाले परिवर्त्तक पात्र में क्षारीय मल की सहायता से पिग लोह में विद्यमान फास्फोरस और कुछ हद तक गंधक को निष्कासित किया जाता है। विधि की सफलता और नियंत्रण के लिए उपयुक्त पिग लोह का चुनाव आवश्यक है।

पिग लोह का रासायनिक संगठन

सिलिकन—इस उपधातु के आक्सीकरण से अम्लीय सिलिका बनता है। अस्तर की रक्षा और मल को क्षारीय बनाये रखने के लिए अतिरिक्त चूना डालकर इसे निराकरित करना पड़ता है। अधिक सिलिकन से धमन में धातु गरम हो जाती है जिससे बाद मे होनेवाली निःस्फुरण प्रक्रिया पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। क्षारीय विधि मे ताप का उद्भव मुख्यत फास्फोरस के आक्सीकरण से होता है। अतः पिग लोह मे सिलिकन की मात्रा लगभग ०.५% रखी जाती है। इससे अधिक होने पर व्यर्थ मे 'धमन अवधि' बढ़ जाती है और उपर्युक्त कठिनाइयाँ होने लगती है।

कार्बन—इसके आक्सीकरण में कोई कठिनाई नहीं होती। प्रवात फर्नेस से प्राप्त पिग लोह की कार्बन प्रतिशतता में अधिक परिणमन नही होता।

फास्फोरस—फास्फोरस समृद्ध पिग लोहों को इस्पात मे परिवर्तित करने के लिए ही क्षारीय पद्धति का प्रादुर्भाव किया गया। अम्लीय विधि में मुख्यत: सिलिकन के आक्सीकरण से ताप का उद्भव होता है, परन्तु क्षारीय पद्धति में इसकी मात्रा अधिक नही रखी जा सकती। अत: ताप की पूर्ति के लिए फास्फोरस की मात्रा अधिक होना आवश्यक है। साथ ही क्षारीय विधि से प्राप्त मल मे फास्फोरस आक्साइड P_2O_5 की मात्रा अधिक होने पर, उसका खाद के रूप में विक्रय होता है। यह विधि के आर्थिक लाभ की दृष्टि से बहुत महत्त्वपूर्ण है। ऐसा अनुमान किया गया कि १ % SiO_2 के निराकरण के लिए लगभग ३% CaO की आवश्यकता पड़ती है। इस प्रकार सिलिकन की बढी हुई मात्रा से मल में P_2O_5 प्रतिशत कम कर खाद के रूप में उसका मूल्य कम कर देती है। पिग लोह मे फास्फोरस की मात्रा १.५ % से अधिक होनी चाहिए।

गंधक—इस विधि में कुछ गंधकहरण[१] अवश्य होता है। मिश्रित कैलसियम और मैंगनीज़ सल्फाइड के रूप में गंधक मल में जाता है, परन्तु निष्कासन की निश्चितता न होने के कारण पिग लोह में इसकी मात्रा ०.१ % से कम रहना अपेक्षित है। प्रवात फर्नेस के कार्यन मे कम सिलिकन और कम गंधक वाले पिग लोह का उत्पादन परस्पर-विरोधी दिशाओं के कारण कठिन होता है। अत: उपयुक्त पिग लोह प्राप्त करने के लिए प्रवात फर्नेस को इस प्रकार कार्यित किया जाता है कि जिससे पिग लोह में कम सिलिकन रहे। प्रवात फर्नेस के बाहर इस धातु का गंधकहरण किया जाता है। इसकी विवेचना हम अध्याय ६ में कर चुके है।

मैंगनीज—अल्प सिलिकन के कारण हुई ताप की कमी की कुछ पूर्ति मैंगनीज़ के आक्सीकरण से होती है। मैंगनीज़ आक्साइड क्षारीय होने के कारण मल की अम्लीयता का निराकरण करता है। विधि में होनेवाले

१. Desulphurisation

गधकहरण मे मैंगनीज़ का प्रमुख सहयोग रहता है और विधि के अत में इसके कारण लोह का अति आक्सीकरण बचा रहता है। मैंगनीज़ आक्सा-इड गलित धातु मे अविलेय होने से सतह पर आकर मल मे मिल जाता है। इन सभी घटकों को ध्यान मे रखते हुए पिग लोह मे मैंगनीज प्रतिशत १ से २.५ तक पसंद किया जाता है। मल की क्षारीय प्रकृति और उसमें SiO_2 की कमी के कारण क्षारीय विधि मे मैंगनीज़-निष्कासन की गति अम्लीय विधि की तुलना मे कम होती है।

परिवर्तक की बनावट

क्षारीय परिवर्त्तक पात्र की बनावट और अन्य प्रसाधनो की सामान्य योजना अम्लीय विधि की तरह ही होती है। क्षारीय विधि मे निःस्फुरण[1] के लिए अतिरिक्त चूना डालकर मल बनाना पडता है। इस कारण सामा-न्यतः क्षारीय पात्र की परिमा[2] अम्लीय परिवर्त्तक की अपेक्षा बड़ी होती है। पात्र के अन्दर निस्तप्त डोलोमाइट और तारकोल के मिश्रण को कूटकर अस्तर बनाया जाता है। नितल बनाने के लिए लकड़ी के निगो[3] के चारों ओर अग्निरोधक को कूटा जाता है। इसके पश्चात् नितल को छः दिन तक तपाया जाता है। इस अवधि मे लकड़ी के निग आदग्ध होकर कोयले मे बदल जाते है। इन्हे व्यधित कर[4] निकाल दिया जाता है और इस प्रकार क्षिप[5] बन जाते हैं। पात्र के अग्निरोधक अस्तर का जीवन २०० से ४०० धमन होता है और नितल को लगभग ४० बार उपयोग करके

१. Dephosphorisation
२. Size
३. Plug
४. Drilled
५. Tuyere

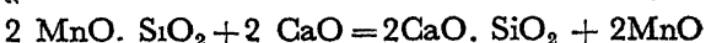
बदलना पडता है। प्रति टन इस्पात के उत्पादन मे लगभग २२ पौंड डोलो-माइट की खपत होती है। अम्लीय अग्निरोधको की तुलना मे क्षारीय अस्तर का मूल्य अधिक पड़ता है।

धमन और रासायनिक प्रक्रियाएँ

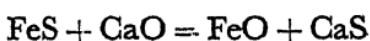
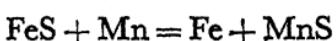
परिवर्तक पात्र मे चूने की पर्याप्त मात्रा डालकर पिग लोह चार्ज किया जाता है। यह पिग लोह मिश्रक से लिया जाता है। धमन प्रारंभ होते ही अम्लीय विधि की तरह सिलिकन मैंगनीज और कार्बन का क्रमश आक्सीकरण होता है। इसे 'पूर्व धमन' कहते है। पात्र में चूने की उपस्थिति के कारण अधिक चिनगारियाँ निकलती है। सिलिका, मैंगनीज आक्साइड और चूने की प्रक्रिया से क्षारीय मल बनता है। क्षारीय विधि की पूर्व धमन अवधि, अम्लीय विधि के समान ही होती है। अंतर केवल इतना है कि अम्लीय विधि मे चूने के साथ प्रक्रिया नही होती। सिलिकन की कम मात्रा और चूने की उपस्थिति के कारण सिलिकन का निष्कासन अधिक शाघ्रता और पूर्णता से होता है। मैंगनीज़ के आक्सीकरण की गति अपेक्षाकृत शिथिल होती है। इसके दो संभाव्य कारण हैं—

(१) मैंगनीज़ मल मे $MnO\ SiO_2$ की तरह जाता है। इस विधि में कम SiO_2 उपलब्ध रहता है।

(२) चूना मल मे विद्यमान $MnO.\ SiO_2$ को प्रस्थापित करता है—

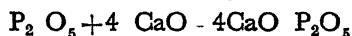
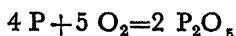
$$2\ MnO.\ SiO_2 + 2\ CaO = 2CaO.\ SiO_2 + 2MnO$$

विधि मे गंधकहरण प्रक्रिया इस प्रकार होती है—

$$FeS + Mn = Fe + MnS$$

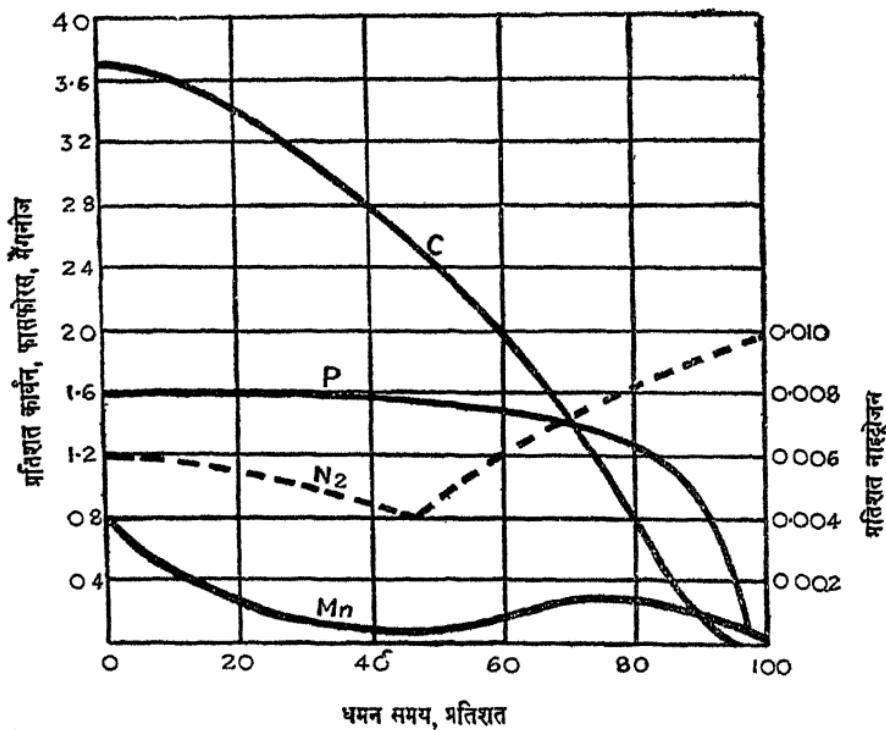
$$FeS + CaO = FeO + CaS$$

गधकहरण सपूर्ण धमन मे बराबर होता रहता है। पिग लोह की मैंगनीज की अधिक मात्रा इसमे सहायक होती हैं। कार्बन का आक्सीकरण समाप्त होने पर अम्लीय विधि की तरह ज्वाला गिर जाती है। यह धमन के प्रारंभ से १०-१२ मिनट बाद होता है। इसके बाद भी धमन किया

जाता है। इसे 'उत्तर धमन' अवधि कहते है। अब धातु मे विद्यमान फास्फोरस का आक्सीकरण होने लगता है और वह कैलसियम फास्फेट के रूप मे मल में प्रविष्ट होता है।

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

$$P_2O_5 + 4CaO - 4CaO\ P_2O_5$$

फास्फोरस का आक्सीकरण एक तापद क्रिया है, जिससे इस्पात का ताप ठीक बना रहता है। यह उल्लेखनीय है कि यदि पूर्व धमन मे धातु का ताप कम हो तो फास्फोरस का आक्सीकरण प्रारंभ होकर उत्तर धमन अवधि में अत्यधिक लोह का आक्सीकरण हो जाता है।

उत्तर धमन में कोई ज्वाला निर्देश के लिए नही रहती। फास्फोरस के सही आक्सीकरण का अनुमान धमन की अवधि से लगाना पड़ता है। धमनकर्ता अपने अनुभव से यह जानता है कि निश्चित समय तक धमन करने से कितने फास्फोरस की कमी होती है। यदि इससे अधिक धमन जारी रहे तो लोह की अधिक मात्रा आक्सीकृत होने का डर रहता है। जल्दी धमन समाप्त कर देने पर धातु मे फास्फोरस की मात्रा अधिक रह जाती है। अति धमन और कम धमन दोनो अवाछनीय है। इनका समुचित नियंत्रण करने के लिए समय-घटक का बहुत महत्त्व है। मिश्रक से प्राप्त धातु का रासायनिक समास अधिक सम होने के कारण नि.स्फुरण और धमन अवधि को संबद्ध करने में सरलता होती है। यदि प्रवात फर्नेस से धातु सीधी परिवर्तक मे डाली जाय तो नियंत्रण की कठिनाई कई गुनी अधिक हो जाती है। चित्र ३७ मे क्षारीय धमन मे होनेवाली आक्सीकरण की गति दिखायी गयी है। उत्तर धमन के प्रारंभ मे यदि ताप अधिक हो तो नि:स्फुरण मे रुकावट आती है। इस दशा को मिटाने के लिए धमन प्रारम्भ होने के चार पाँच मिनट बाद पात्र मे क्षेप्य डाला जाता है। उद्देश्य यह रहता है कि क्षेप्य भली प्रकार गलित हो जाय और उत्तर धमन अवधि क्रिया मे किसी प्रकार की गड़बड़ी न होने पाये। यह लगभग पाँच मिनट चलता है, तब परिवर्तक पात्र को झुकाकर एक लंबे हैन्डिल वाले

स्रुव से नमूना निकालकर शीघ्रता से पानी में शीतल किया जाता है। नमूने को तोड़कर उसके भंग (Fracture) का निरीक्षण कर इस्पात में फास्फोरस

चित्र ३७—क्षारीय धमन में आक्सीकरण की गति

की मात्रा का अनुमान लगाया जाता है। इसके लिए पर्याप्त अनुभव और निर्णय-कुशलता की आवश्यकता होती है। फास्फोरस की मात्रा में कमी के साथ मणिभ छोटे होते जाते है।

परिवर्त्तक से लेडिल में इस्पात गिराते समय मल की अधिक से अधिक मात्रा पात्र में ही रोकने का प्रयत्न किया जाता है। जो मल लेडिल में आ जाता है उसे भी अलग करने का प्रयत्न किया जाता है। अब अनाक्सी-कारक और पुनःकार्बनक पदार्थ डाले जाते है। मल की उपस्थिति में इन

पदार्थों को डालने से आक्सीजन की जो कमी होती है, उससे पुन स्फुरण[1] होने की संभावना रहती है। इस कारण मल को अलग रखने में अधिक सावधानी की आवश्यकता है।

क्षारीय विधि मे धातु की लब्धि अम्लीय विधि से कम होती है। इसका प्रधान कारण उत्तर धमन अवधि मे लोह का आक्सीकरण है। धमनकर्त्ता की कुशलता से इसे नियंत्रित रखा जा सकता है। साधारणतः क्षारीय विधि में धातु की उपलब्धि लगभग ८५ से ८६ प्रतिशत रहती है।

बैसेमर इस्पात के गुण और कमियाँ

नितल धमित परिवर्त्तको से प्राप्त इस्पात में विलयित नाइट्रोजन की चर्चा हम पहले कर चुके है। सारणी ७ में पिग लोह और विभिन्न विधियों द्वारा उत्पादित इस्पातों में नाइट्रोजन की मात्रा दिखायी गयी है।

सारणी संख्या ७

विलयित नाइट्रोजन प्रतिशत

पिग लोह	० ००२—० ००६%
विवृत तंदूर इस्पात	० ३०४—०.००७%
द्वैध इस्पात	० ००६—०.००९%
बैसेमर इस्पात	० ०१२—०. ०२%
एल० डी० इस्पात	० ००३—०.००६%

बैसेमर इस्पातो मे नाइट्रोजन की मात्रा अधिक होने के कारण इस्पात की तन्यता कम हो जाती है। नाइट्रोजन की उपस्थिति से वयःकाठिन्य[2] होकर कुछ यौगिक अवक्षेपित हो जाते है। इनके अवक्षेपण से इस्पात गहरे दाबन द्वारा आकारित होने के अयोग्य हो जाता है। फास्फोरस और

१. Rephosphorisation   २. Age-hardening

आक्सीजन की मात्रा भी साधारणतः बैसेमर इस्पातो में विवृत तंदूर इस्पातो[1] की तुलना मे अधिक होती है। इनके कारण यह आम धारणा हो गयी है कि बैसेमर इस्पातो की अर्हता अच्छी नही होती। इस्पात में नाइट्रोजन का विलयन निम्नलिखित घटको पर आधारित रहता है—

(१) **धमन में उत्पादित ताप**—यदि अधिक ताप का उद्भव होगा तो विलयित नाइट्रोजन की मात्रा बढ जायगी।

(२) **नाइट्रोजन और इस्पात की सम्पर्क अवधि**—सम्पर्क को कम करने के लिए उथला कुभ रखा जाता है।

(३) **वायु प्रवात में नाइट्रोजन का आंशिक दबाव**—यदि आंशिक दबाव कम कर दिया जाय तो विलयित नाइट्रोजन प्रतिशतता भी कम हो जाती है।

इस्पात में नाइट्रोजन की मात्रा कम करने के लिए अनेक सुधार सुझाये गये है। एक विधि मे धमन अवधि और समापित इस्पात का ताप कम करने के लिए कार्बन ज्वाला के गिरने के कुछ पहले पात्र में 'लोह ओर' या 'मिल स्केल' डाला जाता है। इस प्रकार कुंभ का आक्सीकरण होता है और इस्पात का ताप भी कम हो जाता है। दूसरी विधि में पिग लोह के धमन के लिए आक्सीजन और वाष्प या आक्सीजन और कार्बन डाई आक्साइड का मिश्रण व्यवहृत किया जाता है। इस प्रकार नाइट्रोजन का आंशिक दबाव बहुत कम होने और वाष्प अथवा कार्बन डाई आक्साइड के विघटन के कारण शीतलीकरण से नाइट्रोजन की अधिक मात्रा विलयित नही हो पाती। तीसरी रीति में परिवर्त्तक की प्ररचना को बदलकर इस प्रकार की व्यवस्था की जाती है कि प्रवात पात्र के बाजू से कुंभ के मध्य मे प्रवेश करे। इस प्रकार कुभ मे प्रवात की यात्रा-दूरी कम होने से धातु और नाइट्रोजन का संपर्क कम हो जाता है। चौथे सुधार मे धमन दो चरणों में किया जाता है।

१. Open Hearth Steel

पिग लोह की आधी मात्रा और सम्पूर्ण विधि मे आवश्यक चूने की पूरी मात्रा पात्र में डालकर धातु मे फास्फोरस की मात्रा ० १ प्रतिशत होने तक धमन जारी रखा जाता है। कुभ के उथलेपन के कारण पूर्ण प्रवात-दबाव पर भी निष्कासन नही होता और चूने की उपस्थिति से ताप अधिक नही बढ पाता। अब बचा हुआ आधा पिग लोह डालकर पूरे चार्ज का धमन किया जाता है। द्वितीय धमन के समय पहले से मल बना रहता है और धातु का आंशिक शोधन हो चुकने के कारण शीघ्रता से बिना अधिक ताप का उद्भव हुए फास्फोरस का आक्सीकरण पूर्ण हो जाता है। इस प्रकार के संपरिवर्तन से धमन अवधि १६ — १७ मिनट से कम होकर ११—१२ मिनट हो जाती है और सामान्य धमित इस्पात की तुलना में इसकी नाइट्रोजन और फास्फोरस प्रतिशतता कम हो जाती है।

विवृत तंदूर इस्पातो की तुलना मे सामान्यत बैसेमर इस्पातों की वितान-शक्ति, कडापन और यंत्रन की गति अधिक होती है। इन इस्पातो के बने वगावरित डब्बो मे जल्दी मोरचा नही लगता। इन गुणों के साथ अच्छी सधान-क्षमता के मेल ने पाइप, कील, कँटीले तार, बोल्ट, नट, पेच, चादर इत्यादि के उत्पादन मे बैसेमर इस्पातों का उपयोग बहुत बढ गया है। नाइट्रोजन की मात्रा कम करने की नयी प्रविधियो के कारण गुरु उद्रेखन[१] के योग्य बैसेमर इस्पातों का उत्पादन संभव हो गया है।

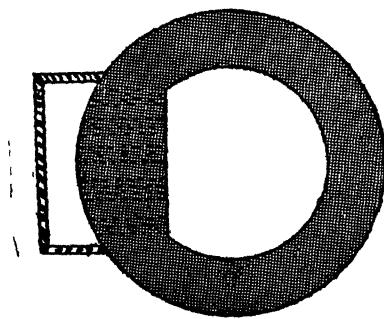
ट्रापीनास परिवर्तक

इसे बाजू धमित अम्लीय परिवर्त्तक[१] भी कहते हैं। इन पात्रों का अग्नि-रोधक अस्तर अम्लीय होता है। हम पहले चर्चा कर चुके हैं कि अम्लीय बैसेमर विधि मे जब पर्याप्त ताप का उद्भव न होने से धमन शीतल होने लगता है, तब पात्र को थोडा झुका दिया जाता है। ऐसा करने से कुछ

१. Converter

वायु-नल कुंभ के ऊपर निकल आते है और उनसे आनेवाला वायु प्रवात कार्बन मोनाक्साइड का दहन करता है। इस प्रकार पात्र के अंदर पर्याप्त ऊष्मा का उत्पादन होकर कुंभ का ताप बढ जाता है। ट्रापीनास परिवर्त्तक मे सभी क्षिप बाजू मे स्थित और द्रव की सतह से ऊपर होते है। इस कारण नितल धमन की तुलना मे इस प्रकार से उत्पादित इस्पात का ताप अधिक होता है। इन परिवर्त्तकों की धारिता सामान्यत $\frac{1}{2}$ टन से ४ टन तक होती है। कम इस्पात की उच्च ताप पर उपलब्धि के कारण बाजू धमित पात्र संधानी[1] मे इस्पात संवपनो[2] के उत्पादन के लिए अधिक लोकप्रिय हुए है।

परिवर्त्तक और अन्य प्रसाधन

चित्र ३८ मे बाजू धमित पात्र के खंड दिखाये गये है। अम्लीय अस्तर वाले पात्र के

३८—बाजू धमित पात्र (ट्रापीनास) का खंड

१. Foundry
२. Casting

बाजू मे स्थित क्षिपो से प्रवात धमित किया जाता है। इन परिवर्त्तकों का उपयोग सामान्यत. सधानी तक सीमित है। अतः गरम धातु के संभरण के लिए मिश्रक का उपयोग नही किया जाता। उपयुक्त रासायनिक समास वाले पिग लोह को उत्तम कोक के साथ कुपला फर्नेस मे गलाया जाता है। पिग लोह की अशुद्धियो के आक्सीकरण द्वारा इस विधि मे ताप उत्पन्न होता है। वायुनलो द्वारा सतह धमन होने से पात्र के अंदर कार्बन का पूर्ण दहन होकर कार्बन डाई आक्साइड बनती है। नितल धमित अम्लीय विधि और ट्रापीनास विधि मे यही मुख्य अंतर है। पहली विधि में वायु प्रवात कुभ से होकर जाता है। उसकी समस्त आक्सीजन कुंभ में प्रक्रिया होकर समाप्त हो जाती है, जिससे कार्बन का आक्सीकरण पूर्ण नही हो पाता और प्रक्रिया से प्राप्त कार्बन मोनाक्साइड का दहन पात्र के मुँह के बाहर होता है। इस प्रकार अधिकांश ऊष्मा की हानि हो जाती है। बाजू धमित पात्र में ऊष्मा का उद्भव पात्र के भीतर होने से कुंभ का ताप बढ जाता है। इस प्रकार इस्पात का ताप लगभग १७६०° से० से अधिक बढ़ाया जा सकता है। ट्रापीनास पात्र में धमन योग्य पिग लोह का रासायनिक समास नीचे दिया गया है—

कार्बन	२.५—३ %
सिलिकन	१—१ २ %
मैंगनीज	०.४ %
गंधक	०.०४ %
फास्फोरस	० ०४ %

धमन और रासायनिक प्रक्रियाएँ

साधारण बैसेमर विधि और ट्रापीनास विधि की रासायनिक प्रक्रियाओ मे बहुत समानता होती है। बाजू धमन मे प्रवात का दबाव और हवा का आयतन कम होता है। प्रवात का दबाव सामान्यतः ४ से १० पौंड

प्रति वर्गइन्च रखा जाता है। परिवर्त्तक मे होनेवाली रासायनिक प्रक्रियाओ को तीन चरणो में विभक्त किया जा सकता है।

(१) वायु-प्रवात धातु की सतह पर गिरता है जिससे सतह पर लोह आक्साइड की तह बन जाती है। इसी समय कुछ सिलिकन और मैगनीज के आक्सीकृत होने से लोह मैंगनीज सिलिकेट मल बन जाता है। प्रारंभ मे बनी सतह मे प्रमुखत लोह आक्साइड ही रहता है।

(२) मल द्वारा कुभ के पूर्ण रूपेण आवृत होने के पश्चात् सिलिकन और मैंगनीज के आक्सीकरण की गति त्वरित हो जाती है। इनका आक्सीकरण मल धातु अतरानीक[१] पर होता है। यह बैसेमर विधि की अपेक्षा विवृत तंदूर विधि के अधिक समान है।

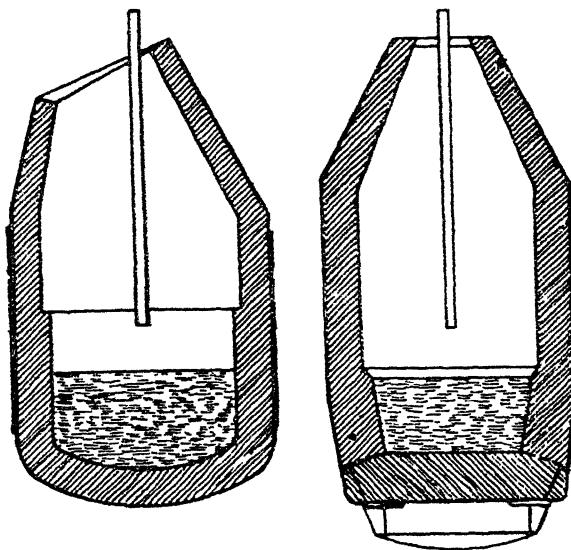
(३) सिलिकन का आक्सीकरण पूर्ण या लगभग पूर्ण होने पर कार्बन के आक्सीकरण की गति बढ जाती है। प्रक्रिया से प्राप्त CO के पात्र मे दहन से CO_2 बनती है और ऊष्मा का उद्भव होने से कुभ का ताप बहुत बढ जाता है। कार्बन के आक्सीकरण की गति १४००° से० के बाद तीव्र होती है। इतना ताप लाने के लिए पिग लोह मे सिलिकन की यथेष्ट मात्रा होना आवश्यक है। यदि उसमे कमी हो तो पिग लोह को कुपला मे गलाते समय, अन्यथा उसका पात्र मे धमन करते समय लोह सिलिकन डालकर सिलिकन की उपयुक्त मात्रा प्राप्त की जाती है।

(४) कार्बन आक्सीकरण अवधि के अत मे जब ताप १७००° से० पार कर जाता है तब कुछ SiO_2 और MnO का कार्बन द्वारा लघ्वन[२] हो जाता है। इस प्रकार प्राप्त सिलिकन और मैंगनीज धातु में प्रविष्ट हो जाते है।

बैसेमर विधि की तरह इस विधि में भी पात्र के मुँह से ज्वाला निकलती है। यह पहली विधि की तुलना मे छोटी होती है। कार्बन का आक्सीकरण

१. Interface २. Reduction **अपचयन, अवकरण**

समाप्त होने पर ज्वाला गिर जाती है। यही धमन की समाप्ति का निर्देशक है। इन पात्रो की धातुधारिता कम होने के कारण अति आक्सीकरण रोकने के लिए सावधानीपूर्वक नियंत्रण करने का बहुत महत्त्व है।

ट्रापीनास विधि मे वायु और धातु का संपर्क कम होने से नाइट्रोजन की विलयित मात्रा अधिक नही होती। इस्पात मे नाइट्रोजन प्रतिशत ०.००३—

चित्र ३९—एल० डो० विधि के संकेन्द्रित व विकेन्द्रित मुखवाले पात्र

०.००८ तक रहता है। धमन समाप्त होने पर धातु का अनाक्सीकरण अम्लीय बैसेमर विधि की तरह ही किया जाता है। यह इस्पात प्रमुखतः संवपनों के उत्पादन में प्रयुक्त होता है। अत पूर्ण आक्सीकरण कर इस्पात को हनित किया जाता है जिससे गैसों का निकास नही होता।

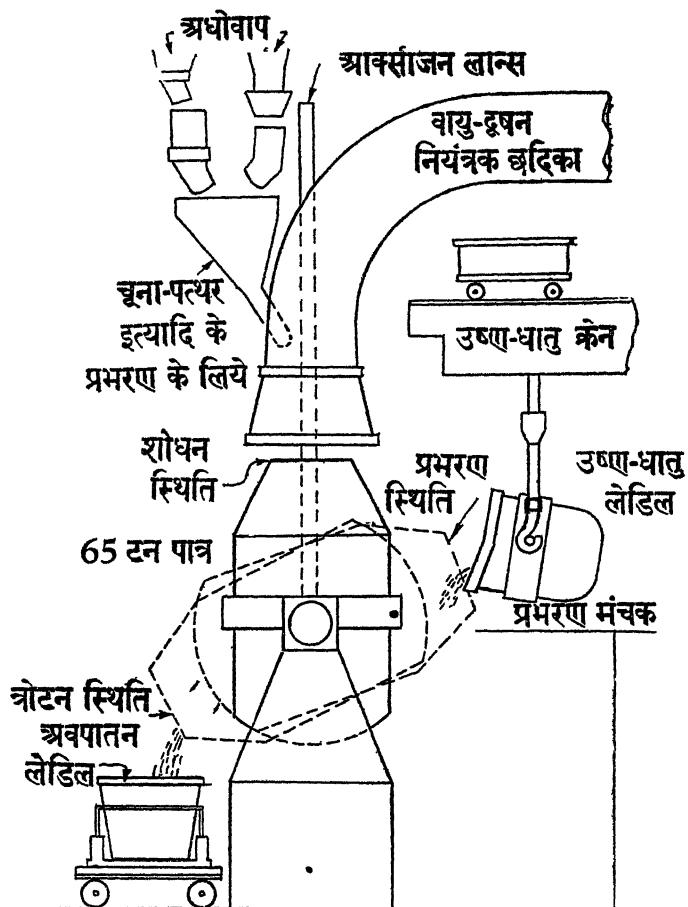
एल० डी० विधि

आस्ट्रिया मे लिन्ज और डोनाविट्ज नगरो मे इस्पात-उत्पादन की इस सक्षम विधि का उपयोग व्यावसायिक रूप में प्रारंभ हुआ। इस कारण इसे लिन्ज डोनाविट्ज विधि या संक्षेप में एल० डी० विधि कहते है। चित्र ३९ मे दिखाये गये सकेन्द्रित या विकेन्द्रित मुँहवाले पात्र में जल से ठंडी की गयी नली डालकर शुद्ध आक्सीजन (९९%) १०० से १५० पौड प्रति वर्गइंच दबाव पर धमित की जाती है। परिवर्त्तक की बनावट सभी इस्पात फर्नेसों मे सरलतम होती है। इसके नितल मे कोई वायुनल नही होते। जल शीतित एक ताम्र प्रोथ[1] वाली नली को पात्र के मध्य मे ऊर्ध्वाधर लटका दिया जाता है। इसे ऊपर नीचे कर कुंभ से नली की दूरी को कम ज्यादा किया जा सकता है। पात्र मे मेगनेसाइट और तारकोल या डोलोमाइट और तारकोल का अस्तर लगाया जाता है। लगभग २०० धमन के बाद सम्पूर्ण अस्तर को बदलना पड़ता है। परिवर्त्तक ट्रनियनों पर सधा रहता है, जिससे सरलतापूर्वक उसे झुकाया जा सके। पात्र के शीर्ष पर धूलि संग्रह करने के लिए छदिका[2] लगी रहती है। (चित्र ४०)

सामान्य परिवर्त्तक विधियो का वर्णन करते समय पिग लोह में फास्फोरस प्रतिशतता की महत्ता पर विचार किया गया था। अम्लीय और क्षारीय बैंसेमर विधियों के उपयुक्त पिग लोहों मे फास्फोरस की मात्रा क्रमश· ०.०५% से कम और १५% से अधिक होनी चाहिए। अतः ०.०५ से १.५ प्रतिशत के मध्य फास्फोरस की मात्रा वाले पिग लोहो को सामान्य परिवर्त्तक विधियो मे उपयोजित नही किया जा सकता। इस समास परिसर के पिग लोहो से इस्पात के उत्पादन के लिए क्षारीय विवृत तदूर विधि उपयुक्त है। इस विधि मे पिग लोह के साथ इस्पात क्षेप्य की आवश्यकता

१. Nozzle तुंड, टोंटी

२. Hood

पड़ती है, फर्नेस में ईंधन जलाना पडता है और बैसेमर विधियों की तुलना में

चित्र ४०—एल० डी० विधि

उत्पादन गति कम होती है। आस्ट्रिया में इस्पात क्षेप्य और कोकीय

कोयलो की कमी है। अत. अनेक वर्षों के अथक परिश्रम और प्रयोगों के फलस्वरूप यह संपरिर्वात्तित विधि सफल हो सकी है। इसमे बैसेमर विधि की अधिक उत्पादन गति और विवृत तंदूर विधियो के इस्पातो की अर्हता[1] का सुदर समन्वय होने के कारण, इसने बहुत शीघ्रता से जापान, कनाडा, जर्मनी, सयुक्त राष्ट्र अमेरिका इत्यादि देशों में लोकप्रियता प्राप्त कर ली है। भारत मे उत्पादित पिग लोह मे फास्फोरस की मात्रा साधारणत: ०.३% होने से इसे बैसेमर विधियो द्वारा इस्पात में परिर्वात्तित नही किया जा सकता। अभी तक भारत मे इस्पात का उत्पादन क्षारीय विवृत तंदूर विधि अथवा अम्लीय बैसेमर और क्षारीय तंदूर के द्वैधन[2] से किया जाता है। इनकी चर्चा हम आगे के अध्यायों मे विस्तारपूर्वक करेंगे। आस्ट्रिया मे व्यवहृत और भारत मे उत्पादित पिग लोह के रासायनिक समासों में अधिक अंतर नही है। इस कारण रूरकेला मे स्थापित इस्पात कर्मक[3] में एल० डी० विधि द्वारा इस्पात के उत्पादन की व्यवस्था की गयी है। इस नवीन विधि द्वारा प्राप्त इस्पात मे नाइट्रोजन की मात्रा बहुत कम (०.००२—०.००४ %) रहती है। यह लाभदायक पहलू विशेष उल्लेखनीय है और विधि के महत्त्व को बढ़ाता है।

धमन और रासायनिक प्रक्रियाएँ

पिछले धमन से गरम, झुके पात्र के मुँह में गलित पिग लोह और लगभग १५% क्षेप्य भरित किया जाता है। अब परिवर्त्तक को सीधा खड़ा कर आक्सीजन लान्स को नीचे किया जाता है। कुंभ की सतह से उसकी दूरी २५ से ४० इन्च रखकर लगभग १५० पौंड प्रतिवर्ग इंच दबाव पर शुद्ध आक्सीजन

१. Quality
२. Duplexing
३. Works कारखाना, निर्माणी

प्रवात द्वारा धमन प्रारंभ किया जाता है। आक्सीजन की धारा नलिका से निकल कर शंकु आकार मे फैलती है तथा कुंभ की सतह को ठोकर देकर अत्यन्त उच्च तापयुक्त 'प्रक्रिया प्रदेश' का निर्माण करती है। इस प्रदेश का ताप लगभग २५००° से० होता है। यहाँ सिलिकन, मैंगनीज, लोह, कार्बन और वेग से आनेवाली आक्सीजन की प्रबल प्रक्रियाएँ होती है। सतह पर अशुद्धियो के आक्सीकरण से शोधित धातु का आपेक्षिक गुरुत्व ६.५ से बढकर लगभग ७ १ हो जाता है। पिग लोह और शोधित धातु के इस अतर और कुभ से गैसो के निकास के कारण शोधित धातु पात्र के नितल मे जाती है और नीचे वाला पिग लोह ऊपर आता है। नीचे जाने-वाली धातु मे विद्यमान FeO और ऊपर आनेवाले पिग लोह के सिलिकन, मैंगनीज, कार्बन इत्यादि मे प्रक्रिया होती है, जिसके कारण कार्बन मोनाक्सा-इड बनकर कुंभ की हलचल बढाता है। अन्य आक्सीकृत अशुद्धियाँ मल मे चली जाती है। इस प्रकार विधि के प्रारंभ से ही कुभ स्वयं आक्सीकृत होता रहता है। अंत मे जब धातु का शोधन हो जाता है तब आपेक्षिक गुरुत्व का अंतर मिट जाने और गैसो का निकास बंद हो जाने के कारण कुंभ की हलचल समाप्तप्राय हो जाती है। सतह की धातु का ताप अधिक होने के कारण उसका आपेक्षिक गुरुत्व कम हो जाता है। अत यदि शोधन के बाद धमन जारी रखा जाय तो सतह पर का लोह आक्सीकृत होकर वाष्पित होने लगेगा, परन्तु कुंभ में आक्सीजन का विलयन अधिक नही बढ पायेगा। पुरानी परिवर्त्तक विधियो की तुलना मे यह अत्यंत महत्त्वपूर्ण लाभ है। वहाँ यदि कुछ सेकंड का भी अति धमन हो जाय तो इस्पात का सर्वनाश हो जाता है।

धमन करते समय बीच-बीच मे क्षारीय मल बनाने और ताप को कम करने के लिए चूना तथा क्षेप्य डाले जाते है। इसके साथ FeO के संयोग से अत्यंत प्रक्रियाशील क्षारीय मल बनता है। इस कारण विधि के प्रारंभ से ही निःस्फुरण होने लगता है। क्षारीय बैसेमर विधि मे लगभग सभी कार्बन का आक्सीकरण होने के बाद उत्तर धमन अवधि मे धातु से फास्फोरस

की मात्रा कम होती है। दोनो विधियो मे यही मौलिक प्रभेद है। क्षारीय बैसेमर विधि मे प्रभारित चूना धमन की अतिम दशा में ही पूर्ण रूप से मल मे विलयित होता है। उसके पहले वह ढेलों के रूप मे निष्क्रिय रहता है। एल० डी० विधि में कार्बन और फास्फोरस का निष्कासन साथ-साथ होता है। अतः नि.स्फुरण के लिए सम्पूर्ण कार्बन का आक्सीकरण आवश्यक नही है।

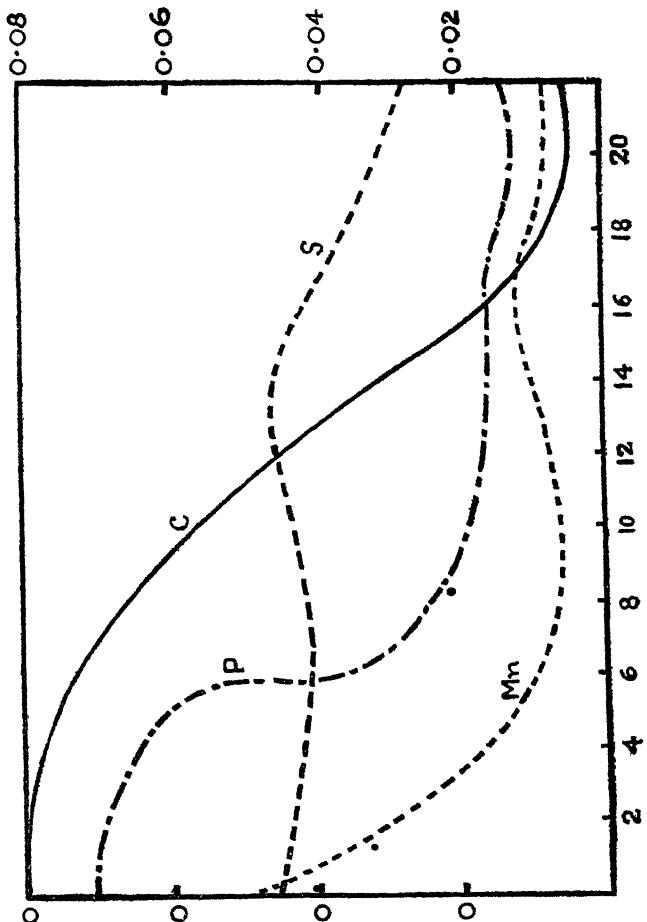
धमन लगभग १८-२० मिनट तक चलता रहता है। प्रारंभ मे छोटी ज्वाला निकलती है जो ४-५ मिनट के बाद लंबी और दीप्त हो जाती है। धातु का शोधन समाप्त होने पर ज्वाला गिर जाती है। यह शोधन के अंत का निर्देशक है। एल० डी० विधि मे विभिन्न तत्त्वों के आक्सीकरण की प्रगति चित्र ४१ मे दिखायी गयी है।

आक्सीजन का संभरण समाप्त कर पात्र को झुका दिया जाता है तथा मल और इस्पात के न्यादर्श[१] निकाले जाते है। पात्र के गलित मल को गाढा बनाने के लिए चूना अथवा चूर्ण-शीतल मल डालकर, इस्पात को सावधानी पूर्वक लैडिल मे उड़ेल दिया जाता है। इस समय मल की अधिक-से-अधिक मात्रा परिवर्त्तक मे रोकने का प्रयत्न किया जाता है। विधि में इस्पात के एक त्रोटन से दूसरे त्रोटन मे लगभग ३५ से ६० मिनट लगते है। ३० टन धारिता वाले पात्र से प्रति मास २५,००० से ३०,००० टन इस्पात का उत्पादन किया जा सकता है।

अनाक्सीकरण प्रक्रियाएँ

आस्ट्रिया मे व्यवहृत पिग लोह मे मैंगनीज का औसत प्रतिशत १ ८५% होता है और धमन के बाद समापित इस्पात में ०.४% मैंगनीज बच रहता है। पिग लोह मे अधिक मैगनीज की उपस्थिति और विधि की स्वयं अनाक्सी-

१. Sample नमूना

चित्र ४१—एल० डी० विधि में विभिन्न तत्वों के आक्सीकरण की प्रगति

कारक कार्यप्रणाली के फलस्वरूप एल० डी० विधि के मल और धातु मे विलयित FeO की मात्रा बहुत कम रहती है। इस कारण अंतिम अनाक्सीकरण के लिए अधिक लोह मेल नही डाले जाते। पिग लोह मे अधिक मैंगनीज होने से धातु की गंधक-प्रतिशतता कम रहती है और कम लोह मेल की आवश्यकता के फलस्वरूप अधातुकीय अतर्भूतों से इस्पात अपेक्षाकृत अधिक मुक्त रहता है। कुंभ के ताप पर नियंत्रण कर इस्पात का अनाक्सीकरण नियंत्रित किया जाता है।

एल० डी० विधि के लाभ

(१) इस विधि की सफलता से वातीय विधियों का कार्यक्षेत्र बहुत बढ गया है। अधिक फास्फोरस प्रतिशत वाले पिग लोह शीघ्रता से श्रेष्ठ इस्पात मे परिवर्त्तित किये जाते हैं।

(२) एल० डी० विधि द्वारा उत्पादित इस्पातो में नाइट्रोजन की मात्रा बहुत कम होती है। इन इस्पातो को गुरु उद्रेखन द्वारा विभिन्न आकार दिये जा सकते है। सामान्यत: एल० डी० इस्पातो मे गधक, फास्फोरस ओर आक्सीजन की मात्रा कम रहती है।

(३) इस विधि में अति उच्च ताप, अधिक मैगनीज और क्षारीय फ्लक्स के सयोग के कारण आक्सीकारक वातावरण रहते हुए भी धातु से गंधक हरण होता है। यह अन्य विधियो मे संभव नही है।

(४) इस्पात की अर्हता क्षारीय विवृत तंदूर के तुल्य रखने से उत्पादन गति बहुत बढ जाती है। कच्चे पदार्थों मे भी अधिक आनम्यता के कारण एल० डी० विधि निकट भविष्य में क्षारीय विवृत तंदूर विधि की सक्षम प्रतिद्वन्द्वी बन जायगी।

(५) सामान्य परिवर्त्तक विधियो मे इस्पात क्षेप्य की अधिक खपत नही होती और क्षारीय विवृत तंदूर फर्नेसों का चार्ज शत-प्रतिशत पिग लोह नही रखा जा सकता, अन्यथा विधि की कार्य-अवधि बहुत बढ जाती

है। एल० डी० विधि मे १६ से १८ प्रतिशत इस्पात छीजन की खपत सुविधापूर्वक हो सकती है।

(६) विधि को उचित प्रकार से कार्यान्वित करने पर समापित इस्पात के अनाक्सीकरण की बहुत कम आवश्यकता रह जाती है, जिससे इस्पात अधातुकीय अन्तर्भूतो से मुक्त रहता है।

(७) विधि का प्राविधिक आचरण स्वतः अनाक्सीकारक होने के कारण कुंभ मे विलयित आक्सीजन की मात्रा बहुत कम रहती है। अंत में आपेक्षिक गुरुत्व का अंतर मिट जाने पर सतह पर बना FeO वाष्पित होने लगता है। इस प्रकार अति धमन होने पर धातु का अति आक्सीकरण नही होता। विधि में नियंत्रण की दृष्टि से यह बहुत महत्त्वपूर्ण है। सामान्य परिवर्त्तक विधियों में कुछ सेकंडो का ही अति धमन धातु का सर्वनाश करने के लिए पर्याप्त है।

भारतीय कच्चे पदार्थ और एल० डी० विधि

आस्ट्रिया और भारत की प्रवात फर्नेसो मे उत्पादित पिग लोहो का औसत रासायनिक समास नीचे दिया गया है।

पिग लोह (लिंज)		पिग लोह (भारत)
कार्बन	३.८–४.२%	३.५–४.५%
सिलिकन	०.६–१.३%	१–१.४%
मैंगनीज	१.४–२.२%	०.५%
गंधक	०.०४५%	०.०५–०.०८%
फास्फोरस	०.१२–०.२५%	०.३–०.३५%

इन दोनों समासों पर विचार करने से स्पष्ट है कि भारतीय पिग लोह में मैंगनीज प्रतिशत कम है। इसे बढ़ाने के लिए प्रवात फर्नेस के प्रभार

मे मैंगनीज ओर अथवा पिग लोह् की लेडिल मे लोह् मैंगनीज का समावेश करना पडेगा। इससे पिग लोह् की गंधक-प्रतिशतता पर भी लाभदायक प्रभाव पडेगा। भारतीय पिग लोह् में विद्यमान गंधक की मात्रा कम करने के लिए प्रवात फर्नेस से बाहर गंधकहरण पर विचार किया जा सकता है। लिन्ज (आस्ट्रिया) मे इसका प्रयोग गंधक की प्रतिशतता ०.१ से ० ०४५ तक घटाने में किया जाता है।

भारत मे लोह् और इस्पात कर्मको के समीप उपलब्ध चून पत्थर कुछ घटिया किस्म का होने से परिवर्त्तक में उसकी अधिक मात्रा का घान डालना पड़ेगा। भारतीय पिग लोह् मे फास्फोरस की औसत प्रतिशतता अधिक होने के कारण ऐसा करना आवश्यक है। अतः प्रति टन इस्पात के उत्पादन मे अधिक मल बनेगा। आस्ट्रिया और अन्य देशो से उपलब्ध दत्तो[१] के आधार पर एल० डी० विधि द्वारा इस्पात का भारत में पुजोत्पादन निकट भविष्य में सफलतापूर्वक किया जा सकेगा, यह विश्वास करना उचित है।

१. Data

अध्याय १०

विवृत तंदूर विधियाँ

इन विधियो मे पिग लोह की अशुद्धियों का आक्सीकरण विवृत तंदूर गलन कक्ष मे होता है। तंदूर मे प्रभरित पिग लोह की अशुद्धियो को इस्पात क्षेप्य डालकर तनु कर दिया जाता है और शेष आक्सीकरण के लिए उपयुक्त मात्रा मे लोह ओर का उपयोग किया जाता है। तदूर मे रखे धातु-कुंभ पर खुली ज्वाला की क्रिया होती रहती है (चित्र ४२)। घरिया अथवा बैसेमर विधियो की तुलना मे तन्दूर विधियो मे गलित धातु की गहराई और उसके तल क्षेत्रफल का अनुपात बहुत कम रहता है। बैसेमर विधियो की तरह इन फर्नेसो का अस्तर अम्लीय अथवा क्षारीय रखा जाता है। यदि उपयुक्त रासायनिक समास का पिग लोह (जिसमे फास्फोरस की मात्रा कम हो) उपलब्ध होता है, तो उसे अम्लीय अस्तरवाली फर्नेसो में गलाकर इस्पात बनाया जाता है। इसे अम्लीय तदूर विधि कहते है। विश्व की अधिकाश प्रवात फर्नेसो मे उत्पादित पिग लोहो मे फास्फोरस की मात्रा ०.०५%से अधिक होने के कारण, क्षारीय विधियो का उपयोग करना पडता है। हम क्षारीय बैसेमर विधि की चर्चा करते समय उसके उपयुक्त पिग लोह के रासायनिक समास पर विचार कर चुके है। उत्तर धमन काल में पर्याप्त ऊष्मा का उद्भव होने के लिए क्षारीय बैसेमर पिग लोह में फास्फोरस की मात्रा १.५% से अधिक होना आवश्यक है। यूरोप के कुछ देशो मे फास्फोरस समृद्ध लोह ओरो के प्रद्रावण से ऐसा पिग लोह उत्पादित किया जाता है। परन्तु अन्य देशो मे उत्पादित अधिकाश पिग लोहो मे फास्फोरस की मात्रा अम्लीय परिधि से अधिक और १ ५% से

कम होती है। इस कारण संसार के कुल इस्पात का लगभग ७५% भाग क्षारीय विवृत तदूर विधि से बनाया जाता है। यह बहुत संभव है कि संपरिर्वातित वातीय विधियों के उपयोग से भविष्य में यह स्थिति न रहे।

विवृत तंदूर विधियों के लाभ

(१) इन विधियो में अशुद्धियो का आक्सीकरण लोह आक्साइड द्वारा किया जाता है और कुंभ का ताप ईंधन जलाकर बढ़ाया जाता है। विधि में उत्पादित ताप परिशोधन प्रक्रियाओ पर अवलंबित नही रहता। इस कारण ताप का नियन्त्रण और अशुद्धियो का निष्कासन बैसेमर विधियों की तुलना मे अधिक सुव्यवस्थित और नियंत्रित रहता है।

(२) उपर्युक्त कारणो से उपयोग मे लाये गये कच्चे पदार्थों का और उत्पादित इस्पातों का परास वातीय विधियों से बहुत विस्तीर्ण होता है।

(३) बैसेमर विधियों मे अधिक इस्पात क्षेप्य की खपत नही होती। तदूर विधियो में क्षेप्य की अधिक खपत एक उल्लेखनीय लाभ है। इनमे लगभग ३५ से ६० प्रतिशत क्षेप्य व्यवहृत हो सकता है।

(४) बैसेमर विधियों में अशुद्धियों और लोह के आक्सीकरण से इस्पात की लब्धि काफी कम हो जाती है। इसके विपरीत तंदूर विधियों मे लोह ओर के लघ्वन से समापित इस्पात की लब्धि प्रभरित पिग लोह से अधिक होती है।

(५) विश्व की प्रवात फर्नेसो से प्राप्त अधिकांश पिग लोहों मे फास्फोरस की मात्रा ० २ से १ प्रतिशत तक रहती है। इन समासों के पिग लोह अम्लीय और क्षारीय बैसेमर विधियो द्वारा इस्पात में परिवर्तन के सर्वथा अनुपयुक्त होते हैं। क्षारीय तंदूर विधि द्वारा इन पिग लोहो से अच्छे इस्पात बनाये जाते है।

(६) बैसेमर विधियो के प्रकार्य के लिए गलित पिग लोह अनिवार्य है। तंदूर विधियो का कार्यन गलित अथवा ठोस चार्ज से किया जाता है।

(७) इन विधियो से नियंत्रित इस्पातों का उत्पादन संभव है तथा इस्पातो के रासायनिक समास और अन्य गुण तथा प्रवृत्तियाँ पुनरुत्पादित की जा सकती है। बैसेमर इस्पातो मे यह परिदृढ[1] नियंत्रण संभव नहीं है। विद्युत विधियों मे यह नियंत्रण और अधिक सुधर जाता है।

(८) तंदूर फर्नेसो की धातुधारिता का परास बहुत विस्तृत होता है। एक टन और ४०० टन से अधिक धारण वाली फर्नेसो का निर्माण किया गया है।

(९) बैसेमर इस्पातो मे विलयित अधिक नाइट्रोजन की चर्चा हम पहले कर चुके है। सामान्यतः तंदूर इस्पातो में गैसों की और विशेषत. नाइट्रोजन की मात्रा कम रहती है।

क्षारीय तंदूर विधि

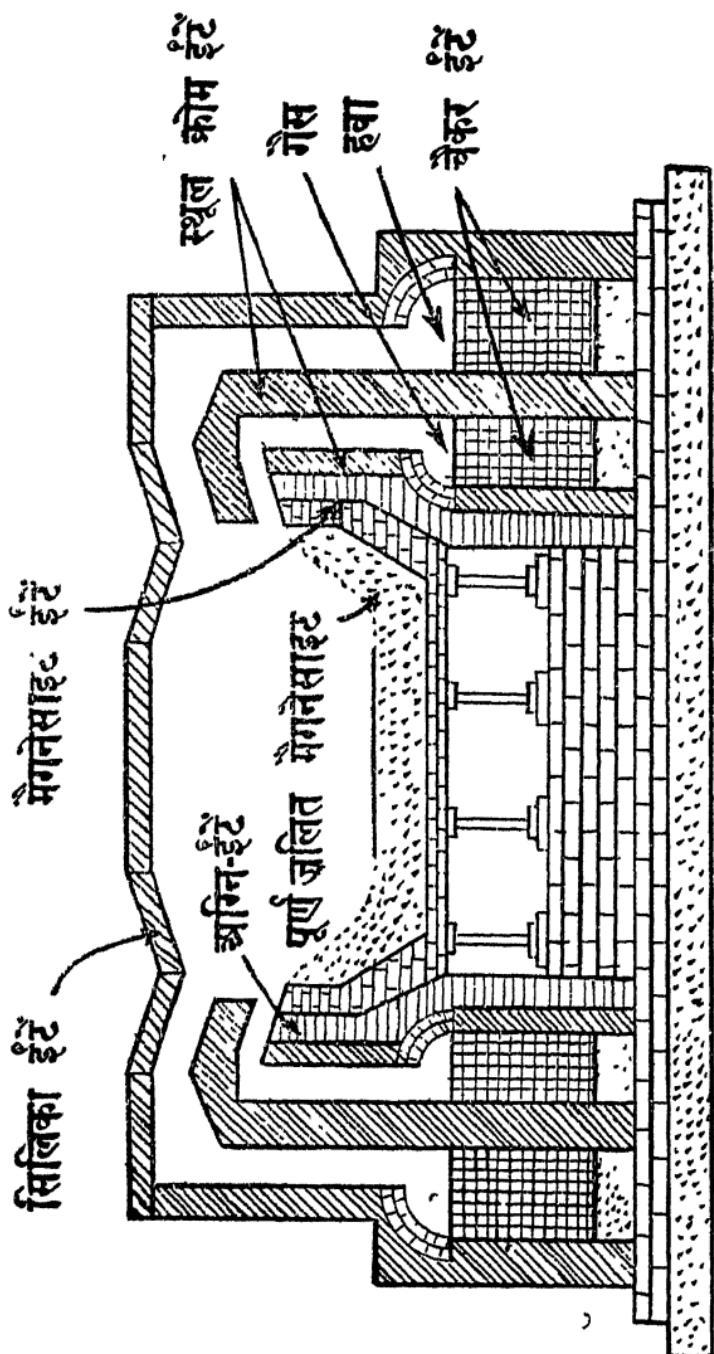
उपर्युक्त कारणो से क्षारीय तंदूर विधि इस्पात-उत्पादन की सर्वाधिक प्रयुक्त और लोकप्रिय विधि हो गयी है।

फर्नेस की बनावट

चित्र ४३ में विवृत[2] तंदूर फर्नेस का खंड दिखाया गया है। फर्नेस के विभिन्न महत्त्वपूर्ण हिस्सो का नामकरण खंड-चित्र मे किया गया है।

तंदूर

इस्पात पट्टो के संधार[3] में अग्निरोधक अस्तर लगाया जाता है। अम्लीय अस्तर सिलिका ईंटो का बनता है। इस पर सिलिका रेत पिघलाकर कठोर ठोस तंदूर बनाया जाता है। क्षारीय तंदूर के गठन में मेगनेसाइट ईंटें व्यवहृत होती हैं। इन पर मैगनेसाइट कणो को उच्च

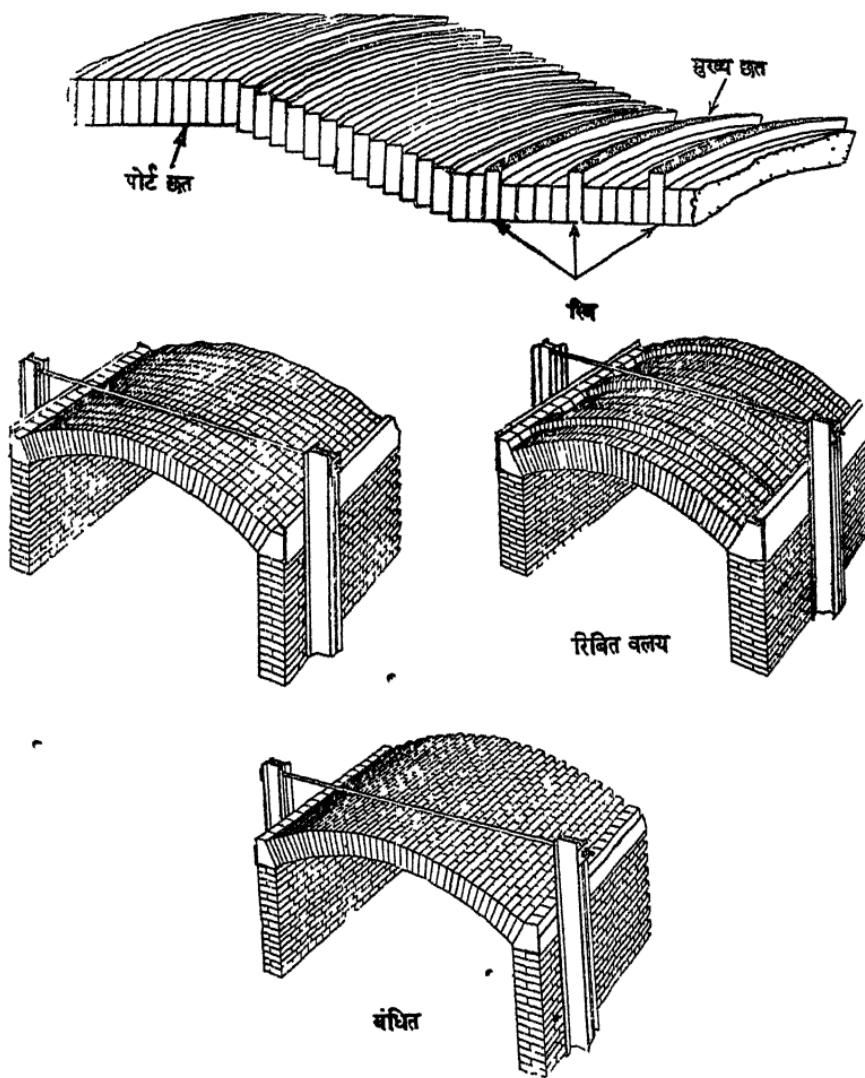
१. Rigid २ Open ३. Frame

चित्र ४३—क्षारीय विवृत तंदूर फर्नेस का खण्ड

ताप द्वारा गलाकर उत्तम तंदूर बनाया जाता है। यह स्मरणीय है कि तंदूर मे लगभग १६५०° से० पर गलित इस्पात रहता है, प्रतिभरण के समय क्षेप्य और अन्य ठोस पदार्थो द्वारा अपघर्षण होता है और विधि मे बने मल का रासायनिक संक्षय सहना पडता है। अच्छे प्रकार से बनाये गये तंदूर में उपर्युक्त सभी बातों का समावेश होना अनिवार्य है।

तंदूर विधियो मे कुभ की गहराई कम रखी जाती है। आधुनिक प्रवृत्ति के अनुसार उथला कुभ पसद किया जाता है। अशुद्धियो का आक्सीकरण लोह ओर की सहायता से किया जाता है, जो ताप का अच्छा संचालक नही होता। अत. उथले तंदूर का अर्थ हुआ कि प्रतिभरित लोह ओर की परत सतह पर अपेक्षाकृत पतली रहेगी और ऊष्मा का परिवहन अधिक अच्छा होगा। साथ ही विधि मे होनेवाली रासायनिक प्रक्रियाओ की गति मल धातु, अंतरानीक क्षेत्र और धातु की मात्रा के अनुपात पर अवलंबित होती है। स्पष्ट है कि उथले कुंभ मे यह अनुपात अधिक होगा। कुंभ की गहराई सामान्यत २८ से ३६ इन्च रखी जाती है।

छत

तदूर फर्नेसो की छत (चित्र ४४) बहुधा सिलिका ईंटो की बनायी जाती है। क्षारीय फर्नेसों मे छत को छोड़कर अन्य सभी भाग क्षारीय अग्निरोधको के बनते है, परन्तु छत बहुधा सिलिका ईंटो की बनायी जाती है। इन ईंटो का हलकापन, अग्निरोधकता और उच्च संपीडन शक्ति इस उपयोग के प्रधान कारण है। क्षारीय फर्नेसो मे मलरेखा के नीचे के सभी हिस्सो का क्षारीय होना आवश्यक है। अन्यथा मल की प्रतिक्रिया से रोधक अस्तर नष्ट हो जायगा।

क्षारीय फर्नेसो मे सिलिका की छत का उपयोग फर्नेस के कार्यन ताप को लगभग १६८०° से० पर सीमित कर देता है। इसके बाद सिलिका पिघलने लगता है। इस प्रकार इस्पात उत्पादन के लिए उपलब्ध परास सीमित हो जाता है। इस कठिनाई को दूर करने के लिए पूर्ण क्षारीय अस्तर वाली

चित्र ४४—विवृत तंदूर फर्नेसों की छतों में ईंटें सज्जित करने के विविध तरीके

फर्नेसो का गठन विशेषत. रूस और जर्मनी मे किया गया है। इन फर्नेसो की छत और मलरेखा से ऊपर वाली दीवारे क्रोम मेगनेसाइट रोधको की वनायी जाती है। ऐसा कहा जाता है कि इनके उपयोग से फर्नेस में ऊष्मा सम्भरण बढाकर इस्पात उत्पादन की गति अधिक की जा सकती है। सिलिका की अपेक्षा क्रोम मेगनेसाइट का गलनांक ऊँचा होता है। इन छतो का जीवन अधिक होने से फर्नेस के एक आन्दोलन मे अधिक इस्पात का उत्पादन किया जा सकता है। फर्नेस के सामनेवाली दीवार में बहुधा पाँच द्वार रहते हैं।

पुनर्जनक

इस्पात गलाने के लिए पुनर्जनन सिद्धान्त द्वारा उच्च ताप प्राप्ति की चर्चा हम पहले कर चुके है। फर्नेस में प्रविष्ट होने के पहले उत्पादक गैस और उसके दहन के लिए आवश्यक वायु पूर्वतप्त पुनर्जनक वेश्मों में होकर आती है। दहन के बाद उत्पाद फर्नेस के दूसरी ओर स्थित पुनर्जनको में होकर चिमनी से बाहर जाते है। फर्नेस के प्रत्येक छोर पर दो पुनर्जनक वेश्म एक वायु और दूसरा गैसीय ईंधन को पूर्वतप्त करते हैं। जब द्रव ईंधन का दहन किया जाता है, तब दोनो वेश्मो मे वायु गरम की जाती है। पुनर्जनक कक्षो मे रोधक ईंटों की आडी खड़ी कतारों से छोटे-छोटे दर बनाये जाते है, जिन्हे 'चैकर' कहते है। इस प्रकार की व्यवस्था से तल-क्षेत्र बहुत बढ जाता है, जिसके फलस्वरूप दहन उत्पादो से ऊष्मा ग्रहण और गैसीय ईंधन तथा हवा को ऊष्मा प्रदान मे सुविधा होती है। फर्नेस मे दहन के पूर्व ईंधन और वायु का ताप ९००° से १२००° से० तक बढ जाता है। फर्नेस के अंदर इनके दहन से इस्पात को द्रवित रखनेवाले उच्च ताप की प्राप्ति होती है। हर २०-३० मिनट मे ईंधन और हवा की दिशा बदल दी जाती है। इस तरह दोनों छोरो के पुनर्जनक वेश्म बारी-बारी से गरम होकर, ईंधन और हवा को गरम करते है तथा फर्नेस की तापीय निष्पत्ति को बढ़ाते है।

दहन के लिए आवश्यक वायु का आयतन अधिक होने के कारण वायु पुनर्जनक बड़े बनाये जाते है। ईधन और वायु के फर्नेस मे प्रवेश के लिए पोर्ट बने रहते है। वायु के भारीपन और ज्वाला को छत से दूर रखने के लिए वायु पोर्ट को गैस पोर्ट के ऊपर रखा जाता है। ज्वाला को छत से हटाकर कुभ की ओर विक्षेपित करने के लिए पोर्टो को अभिनत[१] बनाया जाता है। पुनर्जनक कक्षो से पोर्टों तक उदग्र-वाहिनी रहती है। इनके नीचे दहन उत्पादो के साथ जानेवाले धूलि और मल-कणो को रोकने के लिए मल-कक्ष बने रहते है, जिन्हे समय-समय पर साफ किया जाता है। यदि यह धूलि यहाँ न रोकी जाय तो पुनर्जनको के चेकर रुँध जायँगे।

स्थिर अभ्यानम्य फर्नेसें

तदूर फर्नेसे स्थिर या अभ्यानम्य[२] होती हे। सामान्यत· द्वैधन[३] मे अभ्यानम्य फर्नेसो का उपयोग किया जाता है। अभ्यानम्य फर्नेसो से मल निकालने और धातु त्रोटित करने मे सुविधा रहती है तथा इनके तदूरो और दीवारों की मरम्मत सरलता से की जा सकती है। सीधी विवृत्त तदूर विधियों में स्थिर फर्नेसो का उपयोग किया जाता है। इनका सस्थापन व्यय कम होता है। स्थिर फर्नेसो मे त्रोटन छिद्र खोलने मे कठिनाई होती है और इस कारण कभी-कभी बहुत विलम्व हो जाता है। अभ्यानम्य फर्नेसो मे त्रोटन छिद्र के स्थान मे त्रोटन ओष्ठ[४] रहता है, जिसे फर्नेस को झुकाकर मल-रेखा के ऊपर कर दिया जाता है।

तंदूर फर्नेसों में उत्पादक गैस जलायी जाती है। जलते कोयले के

१. Inclined २ Tilting
३. Duplexing
४. Tapping spout

प्रस्तर मे वायु और वाष्प का मिश्रण भेजा जाता है, जिससे वाष्प का विबन्धन[१] होकर हाइड्रोजन और कार्बन मोनाक्साइड की प्राप्ति होती है। उत्पादक गैस का औसत रासायनिक विश्लेषण इस प्रकार होता है—

CO_2 – 5-9%

CO – 18-27%

H_2 – 10-18%

N_2 – 48-55%

CH_4 – 2-4%

चित्र ४५ मे गैस उत्पादक का खंड दिखलाया गया है। उत्पादक गैस के स्थान में नैसर्गिक गैस, कोक ओवन गैस तथा प्रवात फर्नेस गैस का मिश्रण और द्रव ईधन, जैसे तेल, कोलतार उपयोग मे लाये जाते हैं। नियंत्रण की सुविधा, फर्नेस में दहन की अधिक गति और द्रव ईंधन के वाहको की सरल प्ररचना के कारण, वर्तमान प्रवृत्ति द्रव ईंधनो का उपयोग करने की तरफ अधिक है।

प्रभरण मशीन[२]

विवृत तदूर फर्नेसो की प्रकार्य अवधि को कम रखने मे चार्जिग मशीनों का बहुत महत्त्व है (चित्र ४६)। बड़ी तंदूर फर्नेसो में ठोस पदार्थो के प्रभरण मे बहुत समय नष्ट हो सकता है। इन मशीनों की सहायता से यह कार्य शीघ्रता और सरलता से किया जाता है। प्रभरण मशीन का नितल फ्रेम फर्नेस-मंचक पर लगी पाँतों पर चलता है। उस पर लगी प्रभरण गाड़ी आगे-पीछे चलती है। गाडी के सामने एक घूमनेवाला दंड लगा रहता है। क्षेप्य, लोह ओर, चून पत्थर इत्यादि ठोस पदार्यो के डब्बे इस दड मे फँसाकर द्वार में से फर्नेस के अंदर ले जाते है तथा दंड को घुमाकर

१. Decomposition २ Charging machine

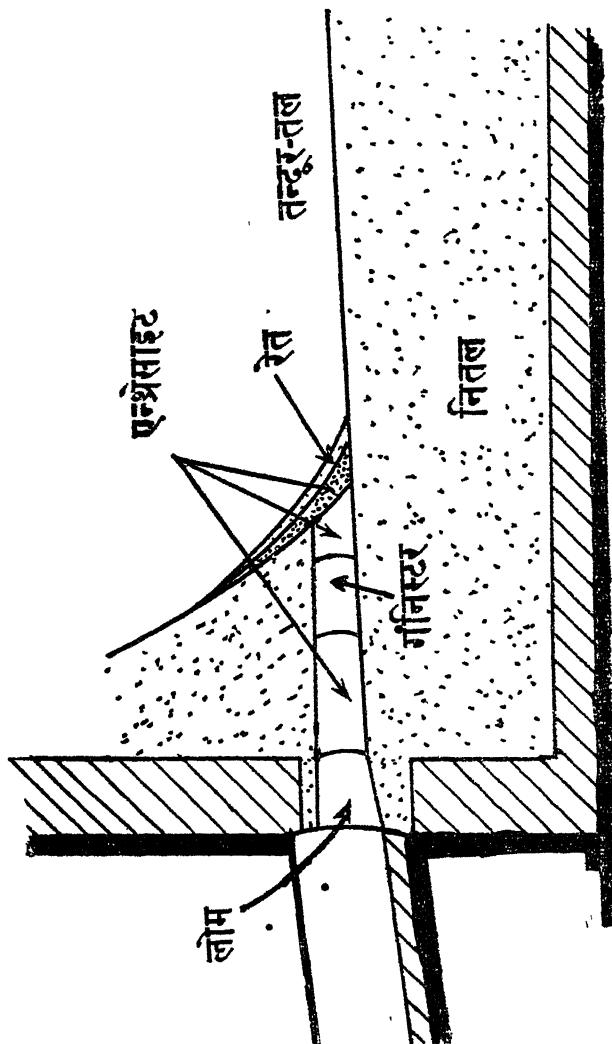
डब्बों को उलट दिया जाता है। इस प्रकार ठोस प्रभार तंदूर पर गिर जाता है। लगभग एक-डेढ घंटे में बड़ी तंदूर फर्नेसो का प्रभरण समाप्त हो जाता है।

अम्लीय तंदूर विधि

इस विधि मे प्रयुक्त फर्नेसो का पूरा अस्तर अम्लीय होता है। छत और दीवारें सिलिका ईंटों की बनायी जाती है और सिलिका ईंटो पर रेत को उच्च ताप पर पिघलाकर ठोस और कठोर तंदूर का गठन किया जाता है। क्षारीय फर्नेसो की तुलना मे अम्लीय तंदूर फर्नेस (चित्र ४७) छोटी होती है। इसकी धातुधारिता प्राय ६० टन से अधिक नही होती।

प्रभार का चुनाव

गंधक और फास्फोरस—इस विधि में गंधक और फास्फोरस निष्कासित नही होते। इस कारण चार्ज का चुनाव करते समय इनकी मात्रा के संबंध मे ध्यान रखना आवश्यक है। सिलिकन, मैंगनीज, कार्बन और कुछ लोह का आक्सीकरण होने के कारण इस्पात मे इनकी मात्रा बढ़ जाती है। फर्नेस मे दग्ध ईंधन से भी गंधक की थोडी मात्रा कुंभ में विलयित हो जाती है। इन सब बातो को ध्यान में रखते हुए प्रभार में प्रत्येक की मात्रा ०.०५% से कम रखी जाती है। कुछ इस्पातों के उत्पादन में इनकी मात्रा ०.०३% से कम रखी जाती है।

सिलिकन और कार्बन—फर्नेस में प्रभरित पिग लोह में सिलिकन की यथेष्ट मात्रा होना आवश्यक है, अन्यथा लोह की अधिक मात्रा आक्सीकृत होकर फर्नेस के अम्लीय अस्तर को संक्षत कर देगी। सिलिकन की उपयुक्त मात्रा होने पर सिलिका बनता है और वह लोह आक्साइड के साथ प्रक्रिया कर मल बनाता है। यह अस्तर के संक्षय को रोकता है और इसके आक्सीकरण में ऊष्मा का उद्भव होने के कारण धातु के गलन में मदद मिलती है।

चित्र ४७—अम्लीय तंदूर फर्नेस का एक भाग

फर्नेस का चार्ज बनाते समय उत्पादन मे इस्पात के प्रकार को ध्यान में रख कर विभिन्न अनुपात में पिग लोह और इस्पात क्षेप्य मिलाये जाते है। समापित इस्पात मे इष्ट कार्बन की मात्रा जितनी अधिक होगी, चार्ज मे पिग लोह का अनुपात उतना ही बढाना पडेगा, जिससे कार्बन की समुचित मात्रा प्राप्त करने मे सुविधा रहे। मध्यम कार्बन इस्पात के उत्पादन मे कम पिग लोह और अधिक क्षेप्य की आवश्यकता पडती है, जिससे विधि की कार्य अवधि व्यर्थ रूप से लंबी नही हो पाती। यदि गलन के बाद कुभ मे कार्बन की मात्रा बहुत ऊँची रहे तो उसे आक्सीकृत कर कम करने मे बहुत समय नष्ट होता है। दूसरी तरफ यदि कार्बन प्रतिशत बहुत कम रहे तो कम कार्यन अवधि में नियंत्रण की कमी से इस्पात की अर्हता नष्ट हो जाती है।

सिलिकन की मात्रा अधिक होने से चार्ज के गलन के बाद कुंभ के क्वथन की अवधि बढ जाती है। सिलिकन की मात्रा साधारणत. १ २ % से अधिक रहना आवश्यक है, अन्यथा गलन अवधि मे धातु के अति आक्सीकरण की आशका बनी रहती है।

मैंगनीज—पिग लोह मे मैंगनीज की मात्रा सामान्यत. १.५–२ % रखी जाती है। इसकी उपस्थिति धातु को अति आक्सीकरण से बचाकर इस्पात की अर्हता को बढाती है। यह कार्बन के आक्सीकरण की गति को कम कर इस्पात की शोधन-अवधि को बढाता है।

फर्नेस मे प्रभरित इस्पात क्षेप्य का चुनाव सावधानी से किया जाना चाहिए। उसमे गंधक और फास्फोरस की मात्रा कम होनी चाहिए तथा उस पर मोर्चा नही रहना चाहिए। मोर्चा रहने पर गलन के बाद धातु में कार्बन की मात्रा अनियमित हो जाती है तथा इस्पात में विलयित हाइड्रोजन गैस बढ जाती है, जिससे ठोस होने पर इस्पात मे रोमश दरारें आ जाती है। इसी तरह ओर (अयस्क) इत्यादि मे भी गंधक, फास्फोरस और आर्द्रता कम-से-कम होनी चाहिए।

प्रभरण—फर्नेस के प्रभरण मे सबसे पहले शीतल पिग लोह डाल

जाता है जिससे लोह आक्साइड से तंदूर संक्षत न हो सके। इसके बाद क्षेप्य और फिर पिग लोह प्रभरित किया जाता है। ऊपर का पिग लोह क्षेप्य को अत्यधिक आक्सीकृत होने से बचाता है। आक्सीकरण कम रखने और शीघ्रतापूर्वक प्रभरण के समाप्त करने के लिए क्षेप्य के बडे-बड़े टुकड़े पसंद किये जाते है।

गलन—प्रभरण समाप्त होने पर ईंधन और वायु को पूरी तरह खोल-कर प्रभार को शीघ्रातिशीघ्र गलाया जाता है। इसमे २-३ घंटे लग जाते हैं। इस्पात की अर्हता के लिए यह आवश्यक है कि गलन के बाद कुंभ में कार्बन की मात्रा, इस्पात में इष्ट काबन की मात्रा से अधिक हो, जिससे इस्पात को ठीक तरह से सँभाला जा सके। यदि सिलिकन और मैंगनीज प्रतिशत की कमी अथवा गलन काल में प्रबल आक्सीकारक वातावरण के कारण कुंभ में कार्बन की मात्रा कम होती है, तब पिग लोह या स्पीजेल डालकर उसे बढाया जाता है। विधि के कार्यन का यह गलत तरीका है, जिससे इस्पात के उत्पादन में व्यर्थ विलंब होता है।

प्रभार पूर्णतः गलित होने पर ताप को कुछ समय तक बढने दिया जाता है। गलन-काल में लगभग सभी सिलिकन और मैंगनीज आक्सीकृत होकर लोह आक्साइड के साथ मल बनाते है। •

क्वथन—कुंभ का ताप यथेष्ट रूप से बढ जाने पर धातु में कार्बन की मात्रा का अंदाज लगाने के लिए एक विशेष स्रुव की सहायता से न्यादर्श निकाला जाता है। गलित धातु मे स्रुव डालने के पहले उसे भली भाँति मल से आवरित कर लिया जाता है। गलित धातु को मोल्ड में डालकर ठोस कर लिया जाता है और पानी में बुझाया जाता है। तब उसे तोड़कर भंग[1] के अवलोकन से कार्बन प्रतिशतता का अनुमान लगाया जाता है तथा समापित इस्पात में इष्ट कार्बन की मात्रा लाने के लिए आवश्यक लोह

१. Fracture

ओर की गणना की जाती है। लोह ओर की यह मात्रा थोडी-थोडी करके तीन चार घानो मे डाली जाती है और प्रत्येक बार ओर डालने के पहले भग परीक्षा से कार्बन प्रतिशतता का अनुमान कर लिया जाता है। ओर डालने पर कार्बन मोनाक्साइड का निकास होता है, जिसे क्वथन कहते है। इसके शान्त होने पर कार्बन की मात्रा के आधार पर ओर चार्ज किया जाता है। उपयुक्त मात्रा में उचित समय पर ओर का प्रभरण बहुत महत्त्वपूर्ण है। यदि इसकी अधिक मात्रा डाल दी जाय तो कार्बन प्रतिशतता शीघ्रता से कम हो जायगी तथा उसकी मात्रा यथेष्ट करने के लिए पिग-लोह डालना पडेगा। साथ ही लोह आक्साइड के आधिक्य के कारण अस्तर के सक्षत होने की सभावना बढ जायगी। इसके विपरीत यदि प्रभरित ओर की मात्रा कम हो तो कार्बन के आक्सीकरण मे बहुत विलम्ब होगा और इस्पात के उत्पादन की गति कम हो जायगी। यह कार्य अत्यन्त कुशलता और सही निर्णय का होता है, जिसे सीखने के लिए कई वर्षों के अनुभव की आवश्यकता होती है।

विधि के प्रारभ मे कार्बन प्रतिशतता का अनुमान भंग-परीक्षा द्वारा किया जाता है। विधि के उत्तरार्ध मे कार्बन की मात्रा का सही पता धातु का विश्लेषण कर लगाया जाता है। न्यादर्श चूर्ण को गरम कर आक्सीजन प्रवाहित की जाती है, जिससे विद्यमान कार्बन जलकर CO_2 मे परिवर्तित हो जाता है। इसे KOH के विलयन मे अवशोषित कर कार्बन प्रतिशतता की गणना की जाती है। दूसरी विधि मे कार्बनमापी का उपयोग कर शीघ्रता से कार्बन की मात्रा का पता लगाया जाता है। इस्पात में अवशिष्ट चुम्बकत्व उसमे विद्यमान कार्बन की मात्रा पर आधारित होता है। इस सबंध का उपयोग कर कार्बनमापी द्वारा शीघ्रता से कार्बन का पता लगाया जाता है।

१. Corrode

समाप्ति—इष्ट कार्बन की समीपता आने पर कुभ मे सिलिकन की मात्रा बढ़ जाती है। इस परिवृत्त को कुभ का 'उपाधीयन'[१] कहते हैं। इस दशा मे उच्च ताप पर सिलिका की कुछ मात्रा कार्वन द्वारा लघ्वित हो जाती है। इस समय मल हलके रग का होकर उसमें विलयित लोह आक्साइड की कमी का निर्देशन करता है, और उसकी सतह समतल और शान्त हो जाती है। कुंभ की यह स्थिति अच्छे इस्पातो की अर्हता के लिए आवश्यक है।

कार्बन की यथेष्ट प्रतिशतता प्राप्त होने पर और आक्सीकरण रोकने के लिए, लोह सिलिकन डालकर कुभ का समवरोध[२] कर दिया जाता है। सिलिकन की उपस्थिति से कार्बन का आक्सीकरण रुक जाता है। ठीक समय पर लोह सिलिकन डालने का महत्त्व स्पष्ट है। यदि उसके चार्जन मे जल्दी हो जाय तो कार्वन की इष्ट मात्रा प्राप्त करने में बहुत विलंब होगा तथा देरी करने से कुभ मे कार्वन की मात्रा कम हो जायगी। उसे बढाने के लिए पिग लोह डालना पडेगा। इस प्रकार इस्पात की अर्हता घट जायगी और व्यर्थ मे समय नष्ट होगा।

विधि में कार्बन की इच्छित मात्रा की प्राप्ति निम्नलिखित दो प्रकारो से की जाती है—

(१) इस्पात में कार्बन की मात्रा बिल्कुल कम करने के बाद पुन.-कार्बनिक पदार्थ डालकर उसमें कार्बन की यथेष्ट मात्रा बढायी जाती है। यह रीति पूर्णतः संतोषप्रद नही है।

(२) दूसरी रीति में कार्बन का आक्सीकरण कर धीरे-धीरे उसकी मात्रा कम की जाती है और यथेष्ट प्रतिशतता प्राप्त होने पर इस्पात को फर्नेस से त्रोटित कर लिया जाता है। इस रीति द्वारा इस्पात का संगठन अधिक सम और अर्हता श्रेष्ठ रहती है। संपिडिण्त होने पर इस्पात में फँसे

१. Conditioning २. Block
३. Solidified

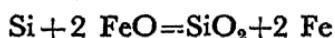
अंतर्भूत[1] भी पहली रीति की तुलना में बहुत कम रहते हैं। अच्छी पद्धति की समाप्ति दूसरी रीति से की जानी चाहिए।

अम्लीय विधि में धातु के पुनर्नि:स्फुरण का भय न होने के कारण अनाक्सीकारक पदार्थ फर्नेस मे डालकर इस्पात को कुछ देर तक फर्नेस में रहने दिया जाता है। इससे अनाक्सीकरण उत्पादों को ऊपर उठने के लिए पर्याप्त समय मिल जाता है और मेलीय तत्व इस्पात में समुचित रूप से विलयित हो जाते है। क्षारीय विधि में नि:स्फुरण के भय से यह करना संभव नही है। अम्लीय तंदूर विधि के पक्ष मे यह उल्लेखनीय धातुकीय लाभ है।

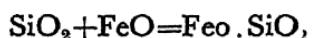
विधि की रासायनिक प्रक्रियाएँ

प्रभार के गलन काल में सिलिकन और मैंगनीज की अनाक्सीकृत लोह के साथ प्रक्रिया होती है

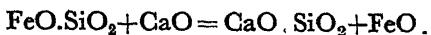
$$Si + 2\ FeO = SiO_2 + 2\ Fe$$

$$Mn + FeO = MnO + Fe$$

इस प्रकार उत्पादित आक्साइडो से मल बनता है

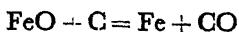
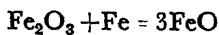
$$SiO_2 + MnO = MnO \cdot SiO_2$$

$$SiO_2 + FeO = FeO \cdot SiO_2$$

गलन समाप्त होते ही धातु सतह पर मल का आवरण आ जाता है। इस प्रारंभिक मल मे FeO का सान्द्रण अधिक रहता है जो धीरे धीरे धातु में विसरित होकर कम होता है। मल से FeO का विस्थापन करने के लिए कभी-कभी चूना डाला जाता है। चूने की मात्रा सावधानी से निश्चित की जानी चाहिए, कारण कि क्षारीय होने के कारण यह अम्लीय अस्तर को द्रावित[2] करता है

१. Included things २. Fluxed

$$FeO.SiO_2+CaO=CaO.SiO_2+FeO.$$

कुंभ मे लोह ओर (अयस्क) डालने पर कार्बन के आक्सीकरण से प्रबल क्वथन होता है।

मल के ऊपरी तल पर FeO का उपचयन होकर Fe_2O_3 बनता है। विसरण और मल के प्रक्षोभ से यह धातु मल अंतरानीक[1] पर आ जाता है।

$$4\,FeO+O_2=2Fe_2O_3$$
$$Fe_2O_3+Fe=3FeO$$
$$FeO+C=Fe+CO$$

इस प्रकार कुंभ का आक्सीकरण होता रहता है (चित्र ४८) कार्बन और FeO की प्रक्रिया से धातु और मल के आक्साइड आधेय १-अ मे बहुत कमी हो जाती है। इस विधि मे SiO_2, MnO और FeO मल के प्रधान घटक रहते हैं। FeO का एक बड़ा भाग SiO_2 के साथ युक्त रूप मे विद्यमान रहता है। यह फर्नेस गैसों द्वारा सरलता से आक्सीकृत नही होता और धातु में विसरित[2] नही होता। इस प्रकार मल मे कुल FeO आधेय की तुलना में धातु की FeO प्रतिशतता कम रहती है। मल में विद्यमान FeO + MnO के साथ लगभग ६० प्रतिशत सिलिका युक्त रहता है। यदि सिलिका की मात्रा इससे कम हो तो फर्नेस के कूलो से सिलिका विलयन में आकर कमी को पूरी कर देता है। इसी कारण अम्लीय मल को 'स्वत समंजक'[3] कहा जाता है।

आवश्यक ओर प्रभरित हो चुकने पर कार्बन प्रतिशतता शनैः शनैः यथेष्ट बिन्दु तक आने लगती है। इस अवस्था में धातु और मल में विलयित

१. Interface १ अ-Content
२. Diffused
३. Self-adjusting

गैस

ईंधन हवा ज्वाल

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

$C + O_2 \rightarrow CO_2$

अतिरिक्त हवा व्यर्थ गैस

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$

$H_2O + 2FeO \rightarrow Fe_2O_3 + H_2$

गैस-मल अन्त सीमा

$CO_2 + 2FeO \rightarrow Fe_2O_3 + CO$

मल

मल-धातु अन्त.सीमा

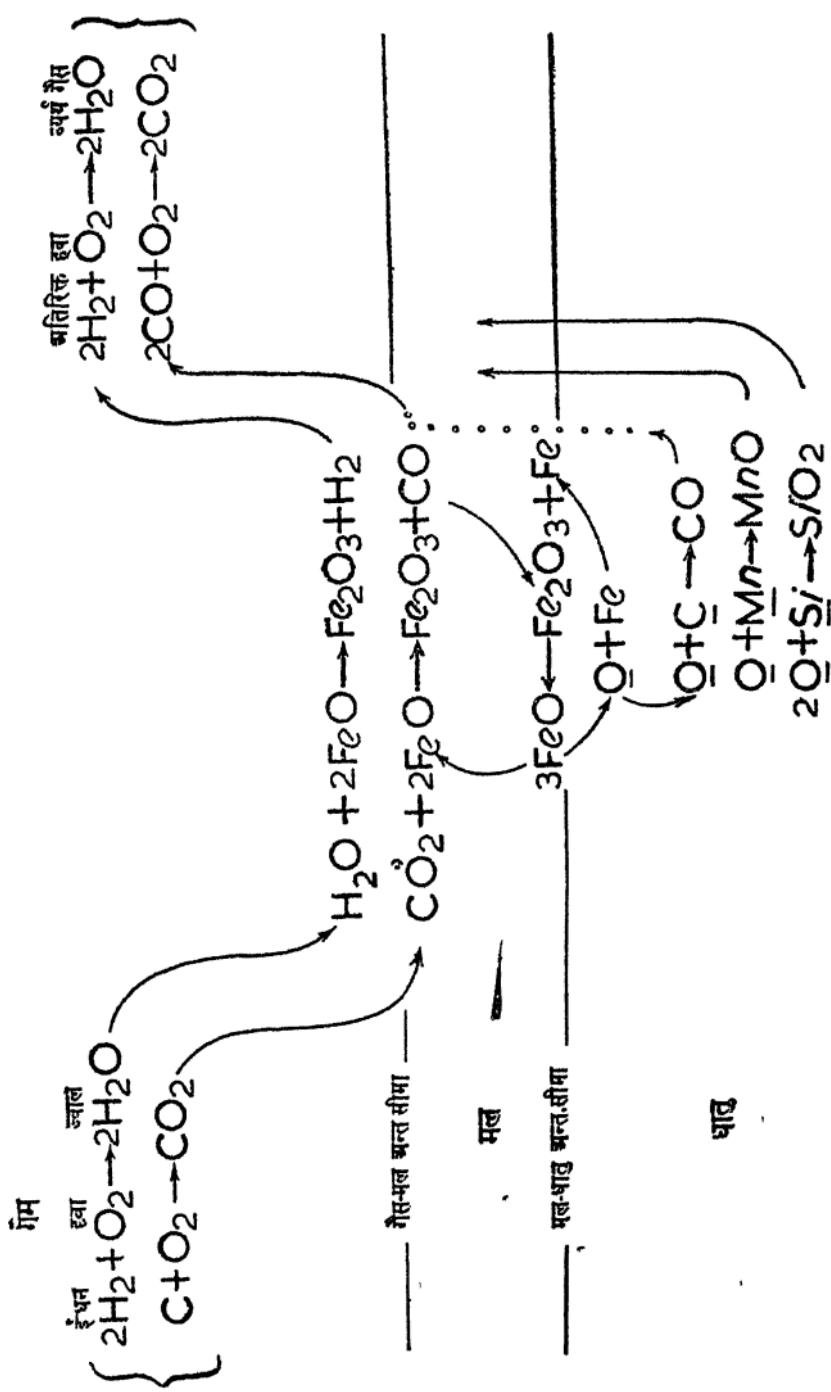
$3FeO \leftarrow Fe_2O_3 + Fe$

$\underline{O} + Fe$

$\underline{O} + \underline{C} \rightarrow CO$

$\underline{O} + \underline{Mn} \rightarrow MnO$

$2\underline{O} + \underline{Si} \rightarrow SiO_2$

धातु

चित्र ४८—विद्युत तंदूर फर्नेस में आक्सीकरण की विधि

अधिकांश स्वतंत्र FeO प्रक्रियित होकर समाप्त हो जाता है। इस समय कुंभ मे सिलिकन की मात्रा बढने लगती है।

$$SiO_2 + 2C = Si + 2CO$$

यह कुभ के सतोषप्रद आक्सीकरण का निर्देशक है। यदि कुभ मे विलयित FeO की मात्रा अधिक हो तो सिलिकन का लघ्वन[1] नही हो सकता। शेष FeO की मात्रा कम करने के लिए अनाक्सीकारक पदार्थ फर्नेस मे डाले जाते है। इनकी कम मात्रा आवश्यक होती है और इस्पात को अधिक देर तक इस दशा मे रखने से अतर्भूत ऊपर उठ आते है। इन कारणो से अम्लीय तदूर इस्पात क्षारीय इस्पातो की तुलना मे अधिक स्वच्छ माना जाता है।

विधि की प्रास्थिति[2]

विधि की प्रास्थिति की चर्चा करने के पहले उससे सम्बद्ध सभी तथ्यो पर समुचित विचार कर लेना चाहिए—

(१) इस विधि मे गंधक और फास्फोरस का निष्कासन न होने से इस्पात उत्पादन के कच्चे पदार्थो का चुनाव सावधानी से किया जाता है। क्षारीय विधि मे प्रयुक्त पदार्थो की तुलना मे ये अधिक स्वच्छ होते है।

(२) अम्लीय पद्धति मे मल स्वत समजक होता है। इसके कारण मल को आक्सीकरण शक्ति क्षारीय विधि की अपेक्षा कम प्रबल होती है। धातु मे विलयित FeO प्रतिशत कम होने के कारण अनाक्सी-कारक पदार्थो की कम मात्रा डाली जाती है। इसके विपरीत क्षारीय विधि मे निस्फुरण[3] के लिए मल को प्रबल आक्सीकारक रखना

१. Reduction

२. Status

३. Dephosphorisation

पड़ता है, जिसके फलस्वरूप कुंभ मे विलयित FeO की मात्रा अधिक होती है।

(३) अम्लीय विधि मे समाप्ति पर कुंभ का उपाधीयन होकर धातु मे सिलिकन की मात्रा बढ जाती है। यह कुभ के अनाक्सीकरण का सूचक है। इसके बाद अनाक्सीकारक पदार्थ फर्नेस मे डाले जाते हैं और मेलीय तत्त्वो[1] के सतोषजनक विलयन और अनाक्सीकरण उत्पादों के ऊपर उठने के लिए पर्याप्त समय दिया जाता है। फास्फोरस समृद्ध मल के कारण यह क्षारीय विधि मे करना संभव नही, अन्यथा कुंभ का पुन. स्फुरण हो जायगा।

इन सबके फलस्वरूप अम्लीय इस्पात के अधिक स्वच्छ होने की अधिक संभावना रहती है, जिसके कारण अनेक इंजीनियर संरचना प्रयोजनों के लिए अम्लीय इस्पात अधिक पसंद करते है। धीरे-धीरे अनेक उपयोगों मे क्षारीय तदूर इस्पात व्यवहार मे आने लगा है। अनेक नये उपकरणो के प्रादुर्भाव से क्षारीय विधि मे नियत्रण अधिक सफलतापूर्वक करना संभव हो गया है। इस कारण इन इस्पातो की अर्हता सुधर गयी है। क्षारीय विधि मे होनेवाली प्रक्रियाएँ अधिक सकुल[2] होने के कारण तापन को नष्ट कर इस्पात की अर्हता को घटाने की संभावना इस विधि मे अधिक होती है। इन्ही कारणो से क्षारीय इस्पातो के प्रति इन्जीनियरो मे अनेक दिनों तक प्रतिकूल भावना बनी रही है। इस विषय मे अभी तक मतभेद है, परन्तु अनेक उपयोगो के लिए जहाँ केवल अम्लीय इस्पातों का ही निर्देशन किया जाता था, अब क्षारीय तंदूर इस्पातों का व्यवहार होने लगा है। विश्वयुद्धों के समय हुई अम्लीय इस्पातो की कमी के कारण क्षारीय इस्पातो का उपयोग करने पर वे यथेष्ट सतोषप्रद पाये गये।

१. Alloying elements

२. Complex

हाल के वर्षों मे क्षारीय विद्युत चाप फर्नेस इस विधि के लिए विकट प्रतिस्पर्धी के रूप में खडी हो गयी है। विद्युत विधि द्वारा सस्ते और निम्न कोटि के पदार्थों से श्रेष्ठ इस्पात बनाये जाते हैं। अम्लीय विधि के उपयुक्त कच्चे पदार्थों की उपलब्धि कम और मूल्य अधिक होता है। इस कारण अम्लीय विधि द्वारा इस्पात-उत्पादन का मूल्य अधिक रहता है। ऐसा अनुमान लगाया जाता है कि कुल विश्व के इस्पात-उत्पादन का १%अम्लीय तंदूर विधि से बनाया जाता है।

क्षारीय तंदूर विधि

हम पहले लिख चुके हैं कि विश्व का अधिकाश इस्पात उत्पादन क्षारीय तंदूर विधि द्वारा किया जाता है। कुल उत्पादन का लगभग तीन-चौथाई भाग क्षारीय तंदूर फर्नेसों मे बनाया जाता है। इस विधि मे उपयुक्त कच्चे पदार्थों का परास बहुत विस्तृत होता है। इन सस्ते और अपेक्षाकृत घटिया पदार्थों से अच्छे इस्पातो का उत्पादन किया जाता है। वातीय विधियों और अम्लीय तंदूर विधि की चर्चा करते समय हमने फास्फोरस की मात्रा का महत्त्व स्पष्ट किया था। अधिकांश पिग लोह फास्फोरस की मात्रा ०.०५% से अधिक और १.५%से कम होने के कारण अम्लीय विधियों और क्षारीय बैसेमर विधि के अनुपयुक्त होते हैं। इनसे अच्छे इस्पात का उत्पादन क्षारीय तदूर विधि मे लाभपूर्वक किया जाता हे।

क्षारोय तदूर विधि का सबसे बडा गुण है उसकी आनम्यता, जिसके कारण अनेक प्रकार के कच्चे पदार्थों का उपयोग कर, उत्तम इस्पातो का उत्पादन किया जा सकता है। चार्ज में क्षेप्य की मात्रा ८५% तक बढायो जा सकती है या ७०% गलित पिग लोह का उपयोग किया जा सकता है। यदि प्रवात फर्नेसो की सुविधा है तो प्रभार मे पिग लोह की प्रतिशतता अधिक रखी जाती है, अन्यथा क्षेप्य की मात्रा बढा दी जाती है। यह वातीय विधियो मे संभव नही है। उनको तुलना मे क्षारीय तदूर विधि का कार्यन धीरे धीरे होता है, जिसके कारण इस्पात की अर्हता पर अधिक अच्छा

नियमन[1] रहता है। आधुनिक तदूर फर्नेसो की बनावट और उनके सहायक प्रसाधनो मे महत्त्वपूर्ण सुधार और विकास हुए है, जिनसे नियंत्रण और धातुधारिता बहुत बढ गयी है। रूस मे ६०० टन धारिता वाली फर्नेसो का निर्माण किया गया है।

उपयुक्त प्रभार का चुनाव

फर्नेस मे निम्नलिखित पदार्थ प्रभरित[2] किये जाते है— (१) ठोस और द्रव पिग लोह, (२) क्षेप्य, (३) लोह ओर, (४) चून पत्थर।

सिलिकन—फर्नेस का अस्तर और कार्यन क्षारीय होने के कारण पिग लोह मे सिलिकन की मात्रा १.२५ % से कम होनी चाहिए, अन्यथा क्षारीय अस्तर और सिलिका मे प्रक्रिया होती है। विधि मे नि स्फुरण एक महत्त्वपूर्ण कार्य है, जिसे सफलतापूर्वक करने के लिए क्षारीय मल अनिवार्य है। सिलिका की उपस्थिति मे चूना पहले सिलिका को निराकरित करता है और फिर उसकी अतिरिक्त मात्रा नि स्फुरण मे योग देती है। सिलिका की मात्रा सामान्यत ०.८ से १ २ % रहना अपेक्षित है। सिलिकन की मात्रा एकदम कम होने से विधि की कार्यन-गति बहुत मद हो जाती है।

मैंगनीज—विधि मे मैंगनीज अनेक उपयोगी कार्य करता है, जिनके कारण प्रभार मे इसकी अधिक मात्रा पसद की जाती है। पिग लोह मे मैंगनीज प्रतिशत १ २५ से २ तक रहने से प्रवात फर्नेस से तदूर फर्नेस तक लाने मे (प्रमुखतः मिश्रक मे) पर्याप्त गधक पहरण हो जाता है। अच्छी क्षारीय तंदूर प्रविधि मे कुभ मे विधि के आद्योपांत ० २–० ३%अवशिष्ट मैंगनीज रखा जाता है। यह धातु को अति आक्सीकरण से बचाने के लिए सर्वोत्तम बीमा है। इसी के कारण अच्छी प्रकार बनाये गये क्षारीय तदूर

१. Regulating २. Charged

इस्पात की अर्हता अम्लीय तंदूर इस्पात के समकक्ष हो पाती है। मैगनीज की अधिकाश मात्रा प्रभार के गलन मे आक्सीकृत हो जाती है, जिसके कारण मल की तरलता बढ जाती है। यह तापन के शीघ्रतापूर्वक कार्यन मे योग देती है।

फास्फोरस—फास्फोरस की इष्ट मात्रा का निष्कासन इस विधि मे संभव है। इसी कारण यह इस्पात-उत्पादन की सर्वाधिक लोकप्रिय विधि-बन गयी है। विभिन्न फास्फोरस प्रतिशतता वाले कच्चे पदार्थो का उपयोग कर अच्छे इस्पातो का उत्पादन क्षारीय तदूर विधि का सवसे बडा गुण है। अधिकांश पिग लोहो मे फास्फोरस प्रतिशतता १ से कम होती है। यह इस विधि के लिए आर्थिक दृष्टि से बहुत उपयुक्त है, कारण कि फास्फोरस (स्फुर) की मात्रा वढ जाने पर विधि की कार्यअवधि बढ जाती है।

गंधक—इस्पात फर्नेसो मे आक्सीकारक वातावरण रहने के कारण गंधकहरण संतोषजनक नही होता। फर्नेस गैसो में SO_2 विद्यमान रहती है, जिसकी कुछ मात्रा कुभ मे विलयित हो जाती है। चार्ज मे मैंगनीज की यथेष्ट मात्रा रहने पर गंधकहरण मे सहायता मिलती है। सामान्यत. इस्पात के उत्पादन मे गंधक का निष्कासन करना कठिन होता है। धातु मे इसकी मात्रा घटाने के लिए अतिरिक्त फ्लक्स डालकर अधिक मल बनाना पडता है। यह तापीय और आर्थिक दृष्टि से लाभदायक नही होता। इसलिए पिग लोह मे गंधक की मात्रा ०.०४ से कम रहना वाछनीय है।

कार्बन—सामान्यत. प्रभार मे पिग लोह और क्षेप्य की मात्रा बराबर रखी जाती है, परन्तु यह अनुपात समापित इस्पात मे इष्ट कार्बन की मात्रा को ध्यान मे रखकर सपरिवर्तित कर दिया जाता है। इस प्रकार गलन समाप्त होने पर कुभ मे प्रारंभिक कार्बन की मात्रा ०.५ से १ ५% रहती है। कार्बन प्रतिशतता अनावश्यक रूप से अधिक होने पर विधि की कार्य अवधि व्यर्थ बढ जाती है।

प्रभार मे क्षेप्य, लोह ओर और चून पत्थर का चुनाव करते समय आर्द्रता और जर का ध्यान रखना आवश्यक है, अन्यथा इस्पात में विलयित

हाइड्रोजन की मात्रा बढ जाती है। यह उत्तम इस्पात के लिए अवाछनीय है और सपिण्डन मे रोमश[1] दरारे बनाती है।

चार्जन का क्रम

विधि मे अनेक प्रकार के प्रभार व्यवहृत हो सकते है। इस कारण प्रभरण का क्रम विभिन्न कच्चे पदार्थों की उपलब्धि और द्रावक के अनुभव पर निर्भर रहता है। सामान्य प्रविधि मे प्रभरण करते समय निम्नलिखित बातों को ध्यान मे रखा जाता है—

(१) नितल में हलका क्षेप्य प्रभरित किया जाता है। यह तदूर को अपघर्षण और आघात से बचाता है। यदि इसे प्रभार के शीर्ष पर रखा जाय तो अति आक्सीकरण होकर मल मे हानि होने की संभावना बढ जायगी।

(२) हलके क्षेप्य के ऊपर चून पत्थर का धान डाला जाता है। एकदम नितल पर रखने से चूना चिपककर तदूर को ऊबड़-खाबड़ बना देता है, जिससे कार्यन मे अनेक कठिनाइयाँ उठ खड़ी होती है। चून पत्थर ताप-रोधक होने के कारण प्रभार के शीर्ष पर नही डाला जाता। गलन में सिलिकन के आक्सीकरण से सिलिका बनता है। क्षारीय तदूर का अम्लीय सिलिका से बचाव करने के लिए चून पत्थर का लगभग नितल के समीप रहना आवश्यक है। विधि की सफलता के लिए निश्चित समय पर कुंभ मे 'चून क्वथन' होना महत्त्वपूर्ण है। हम इस पहलू पर आगे विस्तारपूर्वक विचार करेंगे।

(३) अशुद्धियो को आक्सीकृत करने के लिए लोह ओर और प्रभार में मैंगनीज की मात्रा बढ़ाने के लिए मैंगनीज ओर चून पत्थर के ऊपर डाला जाता है। गलित होकर पिग लोह के नीचे आश्च्योतन[2] करती अशुद्धियाँ ओर द्वारा सरलता से आक्सीकृत हो जाती हैं।

१. Hair line २. Trickling

(४) ओर के ऊपर क्षेप्य के बड़े खंड और फिर ठोस पिग लोह का घान डाला जाता है। पिग लोह की तुलना में क्षेप्य मे अशुद्धियाँ कम रहती हैं। क्षेप्य को एकदम शीर्ष पर रखने से फर्नेस की आक्सीकारक ज्वाला से उसका अति आक्सीकरण हो जाता है। इस कारण क्षेप्य को ठोस पिग लोह के नीचे रखा जाता है।

उपर्युक्त प्रभार क्रम में सभी शीतल पदार्थो का उपयोग किया गया है। गलित पिग लोह उपलब्ध न होने पर यह वृत्ति अपनायी जाती है। प्रवात फर्नेसो को गलित पिग लोह की सुविधा होने पर प्रभार क्रम बदल जाता है। फर्नेस में गलित पिग लोह डालने के पहले क्षेप्य चूना और लोह ओर प्रभरित किये जाते है। ठोस पदार्थो के लेपी होने पर गलित धातु डाली जाती है। सभी प्रभार शीतल होने पर विधि की अवधि बढ जाती है।

विधि

विधि मे प्रभरण क्रम के अनुसार निम्नलिखित मुख्य चरण[१] होते है—

(१) गलन

(२) ओर क्वथन

(३) चून क्वथन

(४) शोधन या कार्यन

(५) समाप्ति

कार्यन-अवधि का उपर्युक्त चरणो में विभाजन एकदम अलग अलग नही किया जा सकता। एक तापन से दूसरे तापन में ठोस या गलित पिग लोह और उसकी प्रतिशतता, क्षेप्य चून पत्थर, ओर इत्यादि की प्रकृति और मात्रा के ऊपर इन चरणों का विस्तार अवलंबित रहता है। इनमें

१. Stage प्रक्रम

बहुत अतिछादन[1] भी होता है। उदाहरणार्थ, गलन चून-क्वथन तक चलता रहता है। प्रभरित चून पत्थर गलन समाप्त होने के पहले पूर्णरूप से ऊपर नही उठ पाता, परन्तु क्षेप्य का गलन समाप्त होने के पहले ही चून-क्वथन प्रारंभ हो जाता है।

गलन

शीघ्र गलन के लिए पिछले तापन को त्रोटित करने के बाद जल्दी-से-जल्दी फर्नेस मे घान डालना चाहिए, जिससे पुनर्जनक वेश्मों का ताप कम न होने पाये। फर्नेस के प्रभरण के समय ईंधन बंद रहता है और द्वारों को खोलकर प्रभरण करना पड़ता है। पुनर्जनकों को ठंडे न होने देने के लिए चिमनी का वातयम[2] बंद कर दिया जाता है।

तंदूर विधि मे ज्वाला आक्सीजन का प्रमुख स्रोत रहती है। ईंधन के दहन के लिए अतिरिक्त वायु फर्नेस के वातावरण को प्रबल आक्सी-कारक रखती है। क्षेप्य के गलन काल मे उसके आक्सीकरण से बना FeO विधि के कार्यन मे महत्त्वपूर्ण भाग लेता है, क्योंकि मल की आक्सीकरण शक्ति उसमे विलयित लोह आक्साइड पर अवलबित रहती है। क्षेप्य के आक्सीकरण से प्राप्त FeO की मात्रा निम्नलिखित घटकों पर आधारित रहती है—

(१) ईंधन के दहन मे जितनी अतिरिक्त वायु का प्रयोग किया जायगा, फर्नेस का वातावरण उतना ही अधिक आक्सीकारक होगा, जिससे क्षेप्य की अधिक मात्रा आक्सीकृत होगी।

(२) क्षेप्य[3] के टुकडो का आकार और परिमा भी उसके आक्सीकरण को नियंत्रित करते हैं। भारी टुकडो की तुलना में हलका क्षेप्य अधिक शीघ्रता से आक्सीकृत होता है।

१. Overlapping २. Damper ३. Scrap

(३) फर्नेस की आयु अधिक हो जाने पर पुनर्जनको के चैंकर कुछ रुँध जाते है, जिससे गलन अवधि बढ जाती है और अधिक क्षेप्य का आक्सीकरण होता है।

गलन काल मे ऊष्मा का संभरण[१] अधिकतम रखा जाता है जिससे प्रभार शीघ्रता से गलित हो जाय। क्षेप्य के टुकड़े लेपी हो जाने पर, तंदूर मे जहाँ तहाँ धातु के पल्वल बन जाते है। इस समय गलित पिग लोह प्रभरित किया जाता है। यदि फर्नेस प्रभार का ताप गलित पिग लोह से कम हो तो पिग लोह अभिशीतित[२] हो जाता है। यह वाछनीय नही है। पिग लोह की अशुद्धियाँ फर्नेस मे विद्यमान लोह आक्साइड से आक्सीकृत हो चूने द्वारा द्रावित[३] होती है। अत. यह स्पष्ट है कि क्षारों से प्रक्रिया होने के पूर्व अम्लीय अशुद्धियों का आक्सीकरण आवश्यक है। प्रभरण-क्रम मे चून पत्थर को लगभग नितल पर प्रभरित करने से आक्सीकरण और द्रावण इन दोनो क्रियाओ मे यथोचित समयांतर हो जाता है।

ओर क्वथन

फर्नेस मे डालते ही पिग लोह का शोधन प्रारभ हो जाता है। लोह आक्साइड पिग लोह मे विद्यमान सिलिकन, मैंगनीज और फास्फोरस का आक्सीकरण करता है। इस काल मे बने मल में लोह आक्साइड को प्रतिशतता अधिक रहती है। कार्बन और लोह आक्साइड की प्रक्रिया से CO गैस बनती है, जिसके निकास के कारण मल फेनित होकर ऊपर उठने लगता है। जब मल की सतह द्वारों को देहली तक उठ जाती है, तब फर्नेस का मलछिद्र खोलकर अतिरिक्त मल बाहर निकलने दिया जाता है। फर्नेस द्वारो के सामने डोलोमाइट कणो से रुकावट बनाकर, मल को सामने

१. Supply २. Chilled
३. Fluxed

निकलने से रोका जाता है। इस मल में लोह आक्साइड प्रतिशत ३० तक होता है। उद्धावन[१] प्रविधि की आवश्यकता अधिक गलित पिग लोह की मात्रा वाले तापनों में ही होती है। अधिक क्षेप्य वाले तापन में मल को नही निकाला जाता। प्रारंभिक मल का उद्धावन कर देने से फर्नेस में अशुद्धियों की, विशेषतः सिलिका की मात्रा बहुत कम हो जाती है। क्षेप्य की अपेक्षा पिग लोह में सिलिकन की मात्रा अधिक होने के कारण उत्तम क्षारीय मल बनाने के लिए प्रारंभिक मल उद्धावित किया जाता है।

चून क्वथन

ओर क्वथन के मन्द होने के समय तक अधिकांश क्षेप्य गलित हो जाता है। अब नितल में पडे चून पत्थर का निस्तापन अधिक वेग से होने लगता है। ऊपर उठते समय CO_2 और कार्बन में प्रक्रिया होकर CO बनती है और इस प्रकार कुंभ खदबद करता है, जिससे कुंभ और मल का सम्पर्क-क्षेत्र और ताप बढ जाता है। इस काल में चूना तली से उठकर सतह पर आता है और मल को क्षारीय बनाता है। मल में चूने की प्रक्रिया से मैंगनीज और लोह के आक्साइड मुक्त हो जाते हैं और कुंभ में विलयित अशुद्धियों का आक्सीकरण करते है। चूना मल में विद्यमान सिलिका को निराकरित कर $2CaOSiO_2$ बनाता है। इसके अतिरिक्त चूना निस्फुरण के लिए उपलब्ध रहता है। अतः प्रभार में सिलिकन की कम मात्रा का महत्त्व स्पष्ट है।

कार्यन-अवधि

यह काल द्रावक[२] को अपनी कुशलता सिद्ध करने के लिए सर्वाधिक

१. Flushing
२. Melter

महत्त्वपूर्ण है। कुंभ में विद्यमान अशुद्धियाँ अधिकांश रूप में निष्कासित हो चुकने के बाद, फास्फोरस को कम रखकर इस्पात की कार्बन मात्रा को कम करते हुए इस्पात की अर्हता को बनाये रखना और विधि मे अनावश्यक विलंब को रोकना, यह द्रावक के अनुभव और कुशलता को प्रमाणित करते हैं। इस समय मल के गुणों को नियमित करना अनिवार्य होता है, कारण कि इसी पर इस्पात की अर्हता अवलंबित रहती है। संतोषजनक निस्स्फुरण के लिए मल क्षारीय, आक्सीकारक और तरल होना चाहिए। अत्यधिक उच्च ताप होने पर निस्स्फुरण में कठिनाई होती है। अतः कुंभ का ताप लगभग १४५०° से० पहुँचने तक धातु मे फास्फोरस (स्फुर) की मात्रा यथेष्ट कम हो जानी चाहिए। तापन को कार्यित करने की निम्नलिखित दो रीतियाँ काम में लायी जाती हैं—

(१) कुंभ मे कार्बन की मात्रा घटाकर लगभग ०·१ %कर दी जाती है। अब पुनः कार्बनन द्वारा कार्बन की मात्रा बढ़ायी जाती है।

(२) कुंभ मे कार्बन की मात्रा धीरे-धीरे कम होती है। इष्ट कार्बन की मात्रा प्राप्त होने पर कार्बन के निष्कासन को रोक दिया जाता है। पहली रीति की तुलना में यह अधिक संतोषप्रद है, कारण कि पुन. कार्बनन में अच्छा मिश्रण नही हो पाता और एकत्र न होने की संभावना रहती है।

कार्बन की इष्ट मात्रा और कुभ का उपयुक्त ताप लगभग साथ मे प्राप्त होना चाहिए। यदि तापन कम हो तो यथेष्ट कार्बन प्रतिशत की प्राप्ति का कोई महत्त्व नही रहता, कारण कि कुंभ का त्रोटन-ताप आतेआते आक्सीकरण के कारण कार्बन की मात्रा कम हो जायगी। ऐसी अवस्था में 'पिगन' किया जाता है अर्थात् पिग लोह डालकर कार्बन की मात्रा को बढाया जाता है या स्थिर रखा जाता है। पिग लोह डालने से कुछ क्वथन होता है और कुभ का ताप बढ़ जाता है। कभी-कभी कार्बनहरण की गति मन्द रहती है। उसे बढाने के लिए लोह और डाला जाता है जिसे 'ओरन' कहते हैं। यह स्मरणीय है कि त्रोटन करने के आध घंटे पूर्व से

लोह ओर का प्रभरण बंद कर दिया जाता है, अन्यथा धातु में विलयित लोह आक्साइड की मात्रा बढ जाती है और इस्पात की अर्हता घट जाती है

यथेष्ट ताप का निर्णय करने के लिए निम्नलिखित दो प्रकार के परीक्षण किये जाते है—

(१) **स्रुव परीक्षण**—एक विशेष प्रकार के स्रुव को भली प्रकार मल मे आवरित कर, उसमें धातु निकालकर गिरायी जाती है और स्रुव में बची संपिण्डित धातु की मात्रा और आकार पर से कुंभ के ताप का निर्णय किया जाता है। इस परीक्षण पर मल की श्यानता और धातु की कार्बन प्रतिशतता का प्रभाव पड़ता है।

(२) **दंड परीक्षण**—इस्पात के दंड को शीघ्रता से कुभ मे डुबाया जाता और क्षैतिज समतल मे आगे पीछे चलाया जाता है। कुंभ का ताप बहुत कम होने पर अतिरिक्त इस्पात दंड पर जम जाता है; कम होने पर दंड के सिरे पर कंटाग्र[1] काट हो जाता है; ठीक ताप पहुँचने पर साफ और सम कटता है तथा ताप बहुत उच्च होने पर काट अवतल होता है और मलक्षेत्र के सम्पर्क मे आये भागो मे खाँचे बन जाते है।

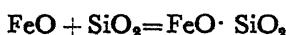
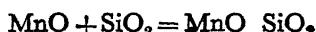
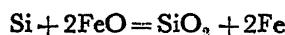
समाप्ति—यथेष्ट ताप और रासायनिक समास प्राप्त होने पर इस्पात को त्रोटित किया जाता है। त्रोटन छिद्र तंदूर के नितल समित्र[2] मे स्थित होने के कारण पहले धातु की धारा निकलकर लेडिल मे गिरती है। पर्याप्त मात्रा मे धातु निकल जाने के बाद मल आना प्रारंभ होता है। मल की अनुपस्थिति मे पुन:स्फुरण का भय नही रहता और लेडिल मे अनाक्सीकर तथा पुन: कार्बनीकर पदार्थ डाले जाते है, जिससे कार्बन प्रतिशतता यथोचित बढ़ जाये और धातु में विलयित अतिरिक्त आक्सीजन में समुचित कमी हो जाये। क्षारीय फर्नेस मे फास्फोरस समृद्ध मल की उपस्थिति मे

१. Pointed २. Plane

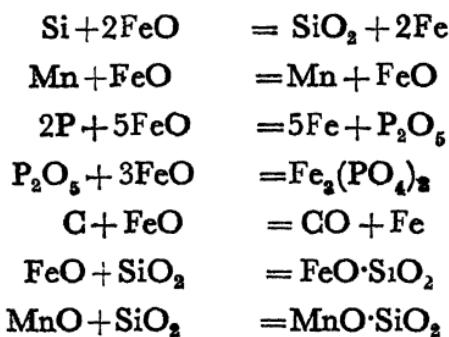
अनाक्सीकर और पुनःकार्बनक पदार्थ नही डाले जाते, अन्यथा फास्फोरस अपचयित होकर कुंभ मे प्रविष्ट हो जायेगा।

रासायनिक प्रक्रियाएँ

गलन काल—गलन काल मे आक्सीकारक ज्वाला चार्ज को आक्सीकृत करती है। चार्ज मे क्षेप्य के अतिरिक्त शीतल पिग लोह भी हो सकता है। पिग लोह का क्षेप्य की तुलना में कम आक्सीकरण होता है। अधिक तल क्षेत्र के कारण हलके क्षेप्य का आक्सीकरण अधिक होता है। गलन काल में चार्ज में विद्यमान कुछ सिलिकन, मैंगनीज, फास्फोरस और कार्बन का भी आक्सीकरण होता है। गलन चार्ज के शीर्ष से आरंभ होकर धीरे धीरे नीचे की तरफ बढ़ता है। यदि ईंधन मे गंधक की अधिक मात्रा विद्यमान हो तो उसकी कुछ मात्रा चार्ज मे विलयित हो जाती है।

$$2Fe + O_2 = 2FeO$$
$$Si + 2FeO = SiO_2 + 2Fe$$
$$Mn + FeO - MnO + Fe$$
$$MnO + SiO_2 = MnO\ SiO_2$$
$$FeO + SiO_2 = FeO \cdot SiO_2$$
$$C + FeO = Fe - CO$$

ओर क्वथन काल—गलन काल के बाद होने वाली रासायनिक प्रक्रियाएँ प्रभार की बनावट पर निर्भर रहती है। अधिक क्षेप्यवाले प्रभार में ओर की आवश्यकता नही रहती, कारण कि गलन में क्षेप्य का आक्सीकरण होकर पर्याप्त आक्सीजन उपलब्ध हो जाती है। ओर न होने पर अम्लीय पदार्थों के द्रावण के लिए कम चून पत्थर की आवश्यकता होगी। चार्ज मे पिग लोह (शीतल या गलित) की मात्रा अधिक होने पर अशुद्धियो के आक्सीकरण के लिए ओर अधिक मात्रा में डाला जाता है। गलित पिग लोह डालते ही उसमे विद्यमान सिलिकन, मैंगनीज, फास्फोरस और कार्बन का

आक्सीकरण होने लगता है। पहले आक्सीकृत क्षेप्य और बाद में ओर से आक्सीजन की प्राप्ति होती है।

$$Si + 2FeO = SiO_2 + 2Fe$$
$$Mn + FeO = Mn + FeO$$
$$2P + 5FeO = 5Fe + P_2O_5$$
$$P_2O_5 + 3FeO = Fe_3(PO_4)_2$$
$$C + FeO = CO + Fe$$
$$FeO + SiO_2 = FeO \cdot SiO_2$$
$$MnO + SiO_2 = MnO \cdot SiO_2$$

उपर्युक्त प्रक्रियाएँ तापद होने के कारण कुंभ का ताप बढ़ाने में योग देती हैं। लोह और मैंगनीज आक्साइड तथा सिलिका की प्रक्रिया से मल वनता है। प्रारंभिक मल में इनकी प्रतिशतता अधिक रहती है।

गलन और ओर क्वथन में गंधक का आचरण

इस्पात से अन्य तत्त्वो के निष्कासन की तुलना में क्षारीय तंदूर विधि में ंधकहरण अपूर्ण और अनिश्चित रहता है। इस कारण प्रभार का चुनाव करते समय गंधक की मात्रा कम रखने के लिए विशेष प्रयत्न किया जाता है। गलन काल में चार्ज द्वारा गंधक का अवशोषण कम करने के लिए फर्नेस गैसों में आक्सीजन की मात्रा अधिक रखी जाती है, जिससे गंधक शीघ्रता से SO_2 मे परिवर्तित हो जाता है और उसके इस रूप में अवशोषित होने की संभावना कम रहती है। साथ ही गलन शीघ्रातिशीघ्र करने का प्रयत्न किया जाता है, जिससे क्षेप्य कम से कम समय तक फर्नेस गैसों के संपर्क मे रहे।

गंधक कुंभ में संभवत: मैंगनीज और लोह सल्फाइड और मल में कैल-सियम सल्फाइड और सल्फेट के रूप में विद्यमान रहता है। गंधक की कितनी मात्रा किस रूप मे रहती है, इसका पता लगाने की अभी तक कोई रीति

उपलब्ध नही है। अत: गंधकहरण के विन्यास के विषय मे निश्चित रूप से कुछ नही कहा जा सकता। इतना अवश्य ज्ञात है कि क्षारीय मलों में गंधकहरण की क्षमता रहती है। उच्च ताप पर क्षारीय मलों में विद्यमान गंधक का अनुपात बढ़ जाता है, परन्तु शायद ही कभी धातु का ५०% गंधक इस प्रकार निष्कासित किया जा सके।

चून क्वथन

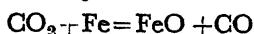
चून पत्थर के निस्तापन से CaO और CO_2 प्राप्त होते है। CO_2 की प्रकृति आक्सीकारक होने के कारण कुंभ मे लोह और अन्य तत्त्वों का आक्सीकरण होता है। इस प्रकार प्रक्रियाओं से जो CO बनती है वह कुंभ में से निकलते समय विलोड़न करती है, जिससे कुंभ की तापित होने की गति बढ जाती है। CaO उठकर मल से लोह और मैंगनीज़ आक्साइडों का विस्थापन और नि:स्फुरण करता है तथा मल को क्षारीय बनाकर उसे गंधकहरण के योग्य बनाता है।

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

$$CO_2 + Fe = FeO + CO$$

$$C + CO_2 = 2CO$$

$$SiO_2 + {}_2CaO = 2CaO\ SiO_2$$

$$Fe_3\ (PO_4)_2 + 3CaO = Ca_3\ (PO_4)_2 + 3FeO$$

मल का नियंत्रण

उपर्युक्त विवेचन से यह स्पष्ट है कि नि:स्फुरण की सफलता के लिए सभी सिलिका को निराकरित कर अतिरिक्त चूना आवश्यक है। प्रत्यक्ष कार्यन दत्तो से यह विदित होता है कि चूना तथा सिलिका का अनुपात कम से कम २:१ होना चाहिए, तभी नि:स्फुरण सफलतापूर्वक होता है। चार्ज में पिग लोह और इसीलिए सिलिकन की भी मात्रा अधिक होने पर मल आवरण (जो ताप का सुचालक नही होता) की मोटाई बढ

जाती है, जिसके कारण कुभ को तापित करने में फर्नेस की छत अति ऊष्मित होकर जल जाती है। इस कारण ऐसे चार्जो मे गलित पिग लोह डालने के कुछ देर बाद और चून क्वथन प्रारंभ होने के पहले, प्रथम मल को फर्नेस से उद्धावित कर दिया जाता है। इस प्रकार फर्नेस मे बहुत कम सिलिका बच रहती है और साथ ही फास्फोरस की भी काफी मात्रा बाहर निकल जाती है। बची हुई सिलिका को निराकरित करने के लिए कम चूने की आवश्यकता रह जाती है, मल की मात्रा घट जाती है और ईंधन की खपत कम हो जाती है। प्रथम मल के साथ लोह और मैंगनीज आक्सा-इडो की अधिक मात्रा निकल जाने के कारण कार्बन के आक्सीकरण की गति बढाने के लिए फर्नेस मे ओर डालना पड़ता है। मल उद्धावित करते समय उसके यथोचित ताप, तरलता और कुभ के प्रक्षोभ को ध्यान मे रखना आवश्यक है, नही तो मल के साथ धातुकीय कणों की अधिक मात्रा की हानि हो जायगी।

कार्यन काल—इस काल मे धातु में बचे फास्फोरस को आक्सीकृत और चूने द्वारा निराकरित कर मल मे भेजा जाता है, कार्बन की मात्रा समंजित की जाती है और कुभ का ताप इस्पात-समापन और त्रोटन के योग्य बनाया जाता है। कार्बन और फास्फोरस को आक्सीकृत करने के लिए कुभ मे विलयित आक्सीजन और फास्फोरस आक्साइड का निरा-करण चूना द्वारा ही करना आवश्यक है। कार्बन आक्सीकरण की गति और कुंभ के ताप की वृद्धि मे सामजस्य महत्त्वपूर्ण है, कारण कि कार्बन के निष्का-सन के साथ धातु का गलनांक ऊपर उठता जाता है। मल की क्षारीयता और आक्सीकरण शक्ति का समुचित नियमन कर ही विभिन्न श्रेणियो इस्पातों का भली प्रकार उत्पादन किया जा सकता है। धातु की शोधन क्रियाओ का नियंत्रण मल द्वारा होने के कारण उसके ताप, प्रकृति एव भौतिक और रासायनिक गुणो को सतर्कतापूर्वक समंजित किया जाना चाहिए। मल के गुणों और समास को बदलने के लिए ओर, चूना, चून पत्थर, रेत, फ्लोरस्पार, स्केल इत्यादि पदार्थ प्रयुक्त होते है, परन्तु इनका कम उपयोग

कर धातु को उचित दशा में रखना द्रावक की निपुणता का परिचायक है। इन पदार्थो की अधिक मात्रा का उपयोग करने से मल का आयतन बढ जाता है, ईंधन की खपत बढ जाती है और कार्यन अवधि लंबी हो जाती है। फर्नेस मे धातु और मल की दशा का सही ज्ञान करने के लिए समय-समय पर परीक्षण और रासायनिक विश्लेषण किये जाते हैं। विधि में समुचित नियत्रण के लिए कच्चे पदार्थो का रासायनिक विश्लेषण किया जाना चाहिए।

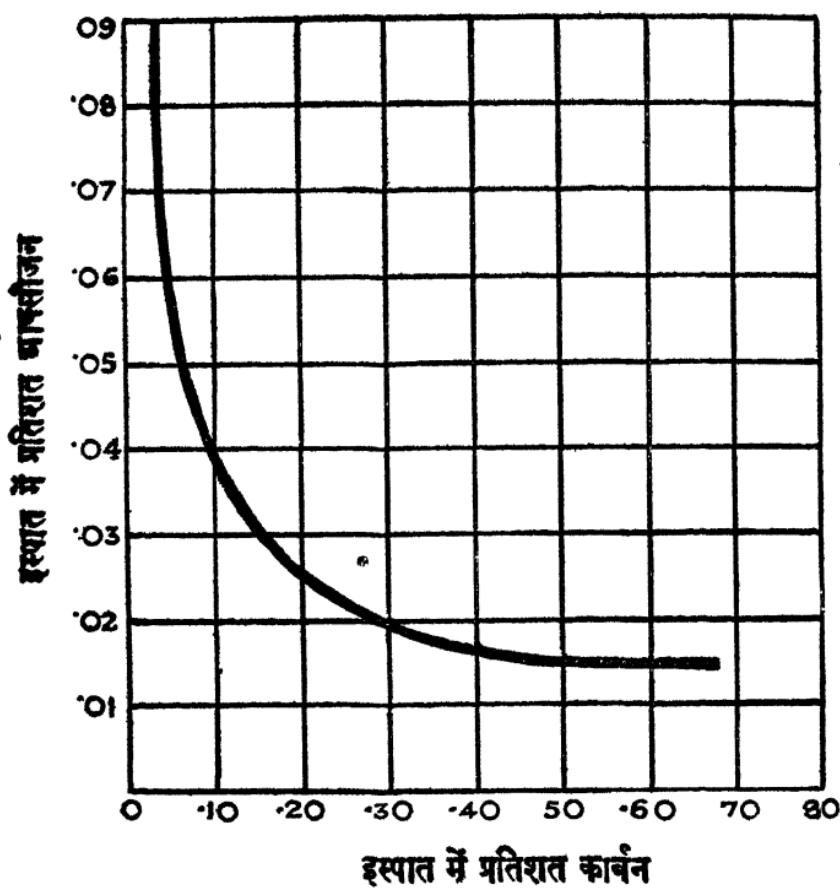
समाप्ति-काल—इस काल मे फर्नेस मे विद्यमान धातु के ताप और रासायनिक समास को अंतिम रूप से समंजित किया जाता है। साथ ही त्रोटन के समय लेडिल मे लोह् मेल डालकर धातु का अनाक्सीकरण और पुन कार्बनन किया जाता है तथा इप्ट मेलीय तत्त्वों का समावेश कराया जाता है। इस्पातो के समास भिन्न-भिन्न होने के कारण समाप्ति काल में प्रयुक्त प्रविधियो मे बहुत अतर रहता है। सामान्यतः इस काल के पूर्व कार्वन के सिवाय, मैंगनीज इत्यादि का आक्सीकरण समाप्त हो चुकता है और गंधक तथा फास्फोरस उपयुक्त समासवाले मल मे प्रविष्ट होकर स्थायी हो जाते है, जिससे उनके धातु मे पुनः प्रवेश का भय नही रहता। कार्बन का आक्सीकरण करने के लिए ओर का अंतिम चार्ज डाल दिया जाता है और ताप का नियंत्रण इंधन को दहन गति को घटा-बढाकर किया जाता है। इस्पात में विद्यमान कार्बन और आक्सीजन का संबध चित्र ४९ मे दिखाया गया है।

मल का महत्त्व और परीक्षण

फर्नेस मे इस्पात की प्रकृति मल की दशा पर निर्भर रहती है। विधि मे निःस्फुरण करने के लिए क्षारीयता, तरलता और विलोडन आवश्यक हैं। धातु का शोधन और रासायनिक नियंत्रण मल का समुचित समंजन कर किया जाता है। मल का नियंत्रण निम्नलिखित उद्देश्यो से किया जाता है।

(१) अधिक चूने का उपयोग और लोह का अति आक्सीकरण किये बिना धातु से फास्फोरस का संतोषजनक निष्कासन।

(२) चूना और अन्य अनाक्सीकरों की खपत में यथासंभव कमी।

(३) फर्नेस में प्रभरित कच्चे पदार्थों की मात्रा घटाकर कार्यन अवधि में कमी।

चित्र ४९—इस्पात में विद्यमान कार्बन और आक्सीजन का संबंध

(४) आक्सीकरण की प्रबलता का नियंत्रण, जिससे अनाक्सीकारक पदार्थों मे कमी के फलस्वरूप इस्पात में अधातुकीय अंतर्भूत कम हों।

मल का नियंत्रण करने के लिए अनेक परीक्षण-रीतियाँ उपयोग में लायी जाती हैं। इन रीतियों मे नियंत्रण की पूर्णता न होने पर भी फर्नेस के कार्यन में उपयोगी निर्देश मिलते हैं—

(१) **दृष्टि परीक्षा**—लगभग दो दशक पूर्व तक विवृत तंदूर मलों का नियंत्रण करने की केवल यही रीति प्रचलित थी। वर्षों के अवलोकन और अनुभव के पश्चात् द्रावक[1] मल या इस्पात के भंग का अवलोकन कर फर्नेस में मल की दशा तथा धातु मे विद्यमान कार्बन प्रतिशत का निर्णय कर लेता था। यह रीति सतोषजनक नही मानी जा सकती, कारण कि इस पर आधारित इस्पात के कई तापन बिगड़ जाते हैं या श्रेणि पृथक् हो जाते हैं।

(२) **द्रुत रासायनिक विश्लेषण**—वर्तमान काल मे विकसित विधियों की सहायता से कार्बन का विश्लेषण ३ से ५ मिनट में, मैंगनीज का विश्लेषण १० से १५ मिनट मे, लोह आक्साइड, गंधक और फास्फोरस की मात्रा का २० से ३० मिनट मे तथा सिलिकन का विश्लेषण ३० से ४० मिनट मे सुतथ्यता से किया जाता है। इन विधियों में नये उपकरणों का उपयोग और प्रयुति रीतियो[2] का विकास विशेष उल्लेखनीय है।

(३) **फर्नेस में मल का स्वरूप**—गलन काल में फर्नेस में मल का स्वरूप उसके रासायनिक समास और आवश्यकताओं का निर्देशक है। उच्च सिलिकावाले मल पतले होते है और इनकी लोह आक्साइड प्रतिशतता कम होती है। कम सिलिकावाला मल श्यान और गाढा होता है, जिसे मिल स्केल, रेत या फ्लोरस्पार डालकर समंजित किया जाता है।

(४) **मल का रंग**—जल से ठंडा किये गये मल का रंग उसके समास का अच्छा द्योतक होता है। श्याम मलो मे लोह आक्साइड की मात्रा मध्यम और

१. Melter २. Micro methods

चूना-सिलिका का अनुपात कम होता है। चाकलेट बभ्रु रंगवाले मल मे लोह आक्साइड की मात्रा मध्यम और चूना-सिलिका का अनुपात अधिक होता है। मलों के रगो के आधार पर उनकी प्रकृति का अनुमान सुविधा-जनक है (सारणी संख्या ८)। इसे अधिक विश्वसनीय बनाने के लिए मल सृपो[१] का सूक्ष्मदर्शीय परीक्षण किया जाता है।

सारणी संख्या ८

धातुमलके रग से उसके समास की पहचान

रग	FeO का परिमाण	CaO SiO_2का अनुपात
काला	मध्यम	निम्न
धूसर	निम्न	निम्न
हलका बभ्रु	मध्यम	मध्यम
गाढा बभ्रु	मध्यम	उच्च
चाकलेट बभ्रु	उच्च	उच्च

(५) **मल पिंड**—मल को प्रतिमानित[२] मोल्ड मे डालकर उसकी सतह पर होनेवाले प्रभावो और परिवर्तनो का अवलोकन किया जाता है। निर्बल क्षारीय मल की सतह वलित[३] होती है। क्षारीयता की वृद्धि से सतह की चमक और चिकनापन बढ़ता जाता है। उच्च मैंगनीज आक्साइड और फास्फोरस के कारण सतह पर पड़नेवाले अकनों का निरीक्षण कर इन तत्वो के निष्कासन संबधी उपयोगी सूचना मिलती है। कच्चे

१. Slides
२. Standardised
३. Wrinkled

पदार्थों की रासायनिक चरता और द्रावको को एकक अवलोकनके अंतिम निर्णय पर व्यापक असर होने के कारण एक संयन्त्र के निष्कर्ष दूसरे संयन्त्रों में प्रयुक्त नही किये जा सकते।

(६) **मल की श्यानता**—मल की श्यानता, फर्नेस मे उसकी दशा और प्रवृत्ति के विषय मे उपयोगी सूचना देती है। प्रारंभ मे अभिनत[1] शीतल पट्ट पर मल गिराकर उसकी प्रवाह लंबाई पर से श्यानता का अदाज किया जाता था। वर्तमान श्यानना-मापी चित्र ५० मे दिखाया गया है। मल

चित्र ५०—हार्टी श्यानता-मापी

के प्रवाह की दूरी नापकर मल की तरलता का अनुमान किया जाता है। रासायनिक समास के अतिरिक्त, मल का ताप भी उसकी तरलता को प्रभावित करता है।

उपर्युक्त रीतियो की सहायता से मल की दशा के संबंध मे निष्कर्ष निकाल कर द्रावक इस्पात के गुणों और प्रवृत्ति का नियंत्रण करते है। इस्पात कर्मको[2] मे सामान्यत. कहा जाता है कि फर्नेस मे अच्छे मल का उत्पादन ही श्रेष्ठ इस्पात का उत्पादन है। इस प्रचलित कहावत से मल के नियंत्रण का महत्त्व स्पष्ट है।

आक्सीजन का उपयोग

अधिक मात्रा मे सस्ती आक्सीजन की उपलब्धि के कारण गलन काल

१. Inclined २. Works

मे धातु के द्रुत द्रावण के लिए आक्सीजन समृद्ध ज्वाला का उपयोग किया जाता है। वायु मे अक्रिय नाइट्रोजन गैस की प्रतिशतता कम होने से संवेद्य ऊष्मा की हानि कम हो जाती है और फर्नेस में दहन और आक्सीकरण की तीव्रता बढ़ जाने से धातु का द्रवण शीघ्रता से होता है। इस प्रकार ईंधन की बचत और उत्पादन गति में बढ़ती होती है। ज्वाला संवर्धन में प्रति टन इस्पात के लिए लगभग १६० घनफुट आक्सीजन की आवश्यकता पड़ती है।

कुभ मे कार्बन के आक्सीकरण की गति बढ़ाने के लिए आक्सीजन की खेप डालते हैं। कार्बन की मात्रा ०·४% से अधिक होने पर प्रक्रिया अत्यन्त प्रबल होने के कारण मल और धातु उड़ते हैं जिससे फर्नेस के अग्निरोधक अस्तर का सक्षय और फर्नेस पर काम करनेवालो का कष्ट बढ़ जाता है। इस कारण आक्सीजन का उपयोग कम कार्बनवाले इस्पातो के उत्पादन में ही किया जाता है। कुभ में कार्बन की मात्रा कम होने पर उसके आक्सीकरण की गति बहुत शिथिल हो जाती है। आक्सीजन क्षेपण द्वारा उत्पादन गति दुगुनी से तिगुनी तक हो जाती है। साथ ही प्रत्यक्ष आक्सीकरण के फलस्वरूप उत्पादित ताप के कारण ईंधन की बचत होती है। कम कार्बन इस्पातों के उत्पादन में आक्सीजन का उपयोग लगभग सर्वत्र होने लगा है।

अध्याय ११

विद्युत विधियाँ

गलन और शोधन के लिए अनेक प्रकार की विद्युतीय फर्नेसें समय-समय पर प्रस्तावित की गयी, परन्तु इनमें से निम्नलिखित दो फर्नेसें अधिक सफल और लोकप्रिय हुई हैं—

(१) **विद्युत चाप फर्नेस**—सर्वप्रथम हेरोल्ट द्वारा प्रस्तावित प्रत्यक्ष विद्युत चाप फर्नेस इस्पात उत्पादन में अधिक लोकप्रिय हुई है। वर्तमान समय में क्षेप्य का उपयोग कर अच्छे इस्पातों का उत्पादन करने के लिए यह विधि बहुत सफल रही है। अनेक प्रकार के विशिष्ट कार्बन टूल इस्पात, मेल इस्पात, हवाई इस्पात, ताप-रोधक इस्पात इत्यादि का उत्पादन हेरोल्ट विद्युत चाप फर्नेसों मे किया जाता है।

(२) **विद्युत प्रेरक फर्नेस**—विद्युतीय प्रेरण सिद्धान्त का उपयोग कर इस्पात को गलाने की यह विधि उच्च अर्हता वाले और विशिष्ट इस्पातो के लिए उत्तरोत्तर लोकप्रिय होती जा रही है। गत दस वर्षों में प्रेरक फर्नेसों का विकास, विस्तार और धारिता बहुत बढ गयी है। इस विधि मे इस्पात का शोधन नही होता, जिसके कारण प्रभार के चुनाव में बहुत सावधानी रखना आवश्यक है। क्षारीय विद्युत चाप फर्नेस मे उययुक्त मल बनाकर और वातावरण रखकर अवांछनीय अशुद्धियों को अलग किया जाता है। विद्युत प्रेरक फर्नेस सामान्यत' गलन-कार्य के लिए ही व्यवहृत होती है।

विद्युत विधियों के लाभ

१ विद्युत फर्नेसो द्वारा इस्पात उत्पादन करने में अनेक स्पष्ट लाभ है—

विद्युत आदा[१] पर नियन्त्रण कर विधि मे उत्पादित ताप पर पूर्ण और सफल नियन्त्रण संभव है। साथ ही अन्य विधियों की तुलना मे विद्युत फर्नेसों में अधिक उच्च ताप प्राप्त किया जा सकता है।

(२) विद्युत आदर्श ईंधन मानी जा सकती है। सभी प्रकार की अशुद्धियों से धातु का बचाव होता है, जो अन्य ईंधनों के साथ संभव नही है।

(३) फर्नेस के भीतर आक्सीकारक, तटस्थ अथवा अपचायक वातावरण इच्छानुसार रखा जा सकता है। इस प्रकार धातु का पूर्ण अनाक्सीकरण फर्नेस में करना संभव रहता है। मेलीय तत्त्वों को फर्नेस में डालने से उनकी अधिक मात्रा आक्सीकृत होकर नष्ट नही होती। मेल इस्पातों के उत्पादन मे यह बहुत महत्त्वपूर्ण है।

(४) क्षारीय विद्युत चाप विधि में फास्फोरस और गंधक का निष्कासन सफलतापूर्वक किया जा सकता है। समापित इस्पात मे विलयित गैसों और अधातुकीय अन्तर्भूतों की मात्रा भी अन्य विधियो की तुलना में कम रहती है।

(५) विवृत तंदूर विधियों की तुलना मे विद्युत फर्नेस अधिक आनम्य[२] होती है। उसका कार्यन गरम धातु या शीतल चार्ज से किया जा सकता है।

(६) विद्युत फर्नेस की निष्पत्ति[३] अन्य सभी लोह और इस्पात का उत्पादन करनेवाली फर्नेसों से अधिक होती है। प्रवात फर्नेस की संपूर्ण निष्पत्ति ६५ प्रतिशत, क्षारीय तंदूर फर्नेस की १० प्रतिशत और विद्युत फर्नेस की ७४ से ७७ प्रतिशत होती है।

१. Input
२. Flexible
३. Efficiency

(७) विद्युत फर्नेसो मे विद्युदग्रो की दूरी अथवा वोल्टता को बदल-कर ताप का सरलतापूर्वक नियन्त्रण किया जा सकता है।

(८) धातु का ताप अधिक समय तक लगभग अचर (कास्टैण्ट) रखा जा सकता है।

(९) ताप का उद्भव स्थानीय होता है और जब और जहाँ आवश्यक हो किया जा सकता है।

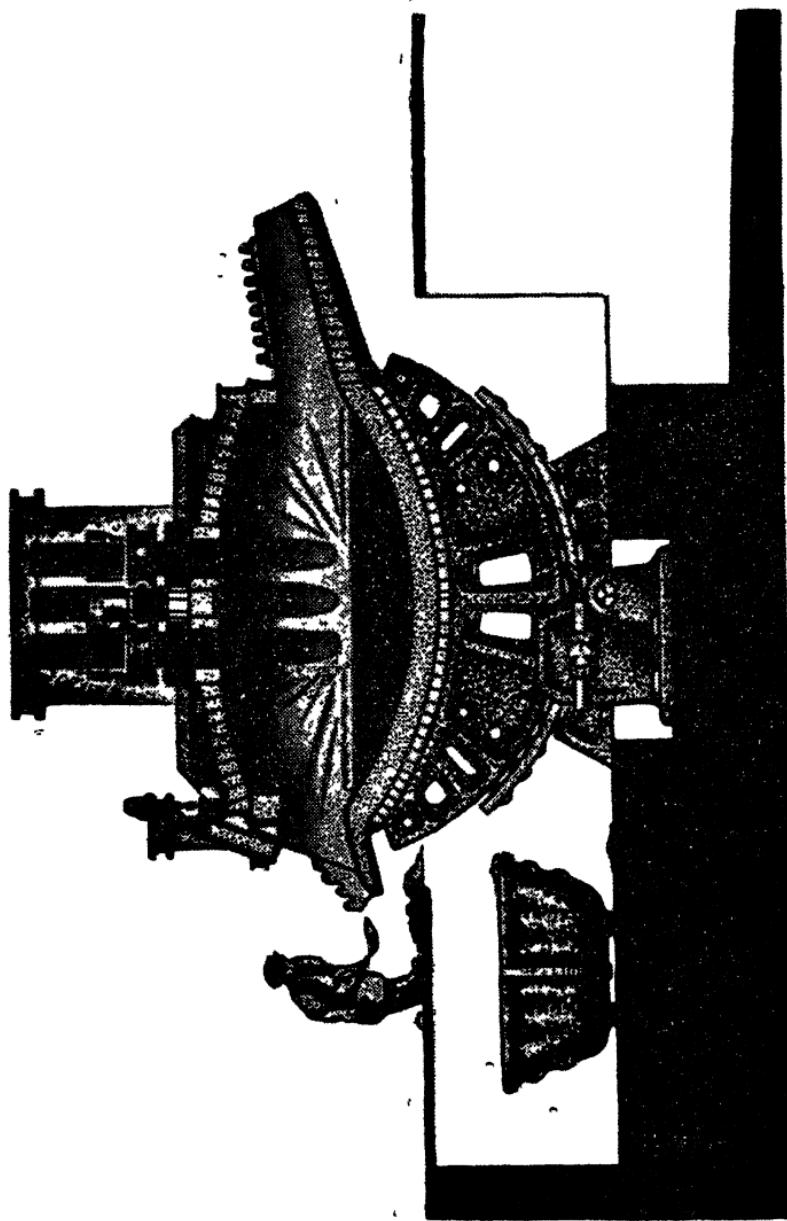
(१०) विद्युत फर्नेसो मे दहन उत्पाद न रहने के कारण, फर्नेस का वातावरण इच्छानुसार रखा जा सकता है और फर्नेस की निष्पत्ति अच्छी रहती है। अन्य विधियो मे दहन उत्पाद उनकी निष्पत्ति को बहुत घटा देते है।

(११) विद्युत फर्नेसो द्वारा एक समान गुणवाले इस्पातो के तापन बनाये जा सकते है। बैसेमर अथवा तंदूर विधियो द्वारा बिलकुल समान गुणवाले तापनों का उत्पादन कठिन और अनिश्चित रहता है।

उपर्युक्त लाभों के कारण विद्युत विधियो का विकास और विस्तार शीघ्रता से हो रहा है और इनका भविष्य अत्यन्त उज्ज्वल दिखाई पडता है। जहाँ कही सस्ती विद्युत शक्ति उपलब्ध होती है, इन विधियो द्वारा इस्पात का उत्पादन लाभदायक रहता है। विशेषतः संधानी में और विशिष्ट अर्हता वाले इस्पातों के उत्पादन के लिए विद्युत विधियाँ बेजोड़ हैं।

विद्युत विधियों की कमियाँ

(१) विद्युत शक्ति का मूल्य कार्बन के दहन की तुलना मे ६ से १० गुना अधिक होता है। अतः विद्युत फर्नेसो द्वारा इस्पात का उत्पादन अन्य विधियो की तुलना मे महँगा पडता है। विशेष इस्पातो का उत्पादन कर इसे निभाया जा सकता है।

(२) कुछ वर्ष पूर्व तक विद्युत फर्नेसो की धारिता २५ टन से अधिक नही थी, परन्तु अब १०० टन धारितावाली फर्नेसों का निर्माण किया गया है। बडी विद्युत फर्नेसों में प्ररचना सबंधी अनेक जटिल समस्याएँ उठ खडी होती हैं।

चित्र (५१ क) —विद्युत चाप फरनेस का खण्ड

विद्युत चाप फर्नेस

सभी प्रकार की विद्युत चाप फर्नेसों की तुलना मे हेरोल्ट फर्नेस के अधिक सफल होने के निम्नलिखित कारण हैं—

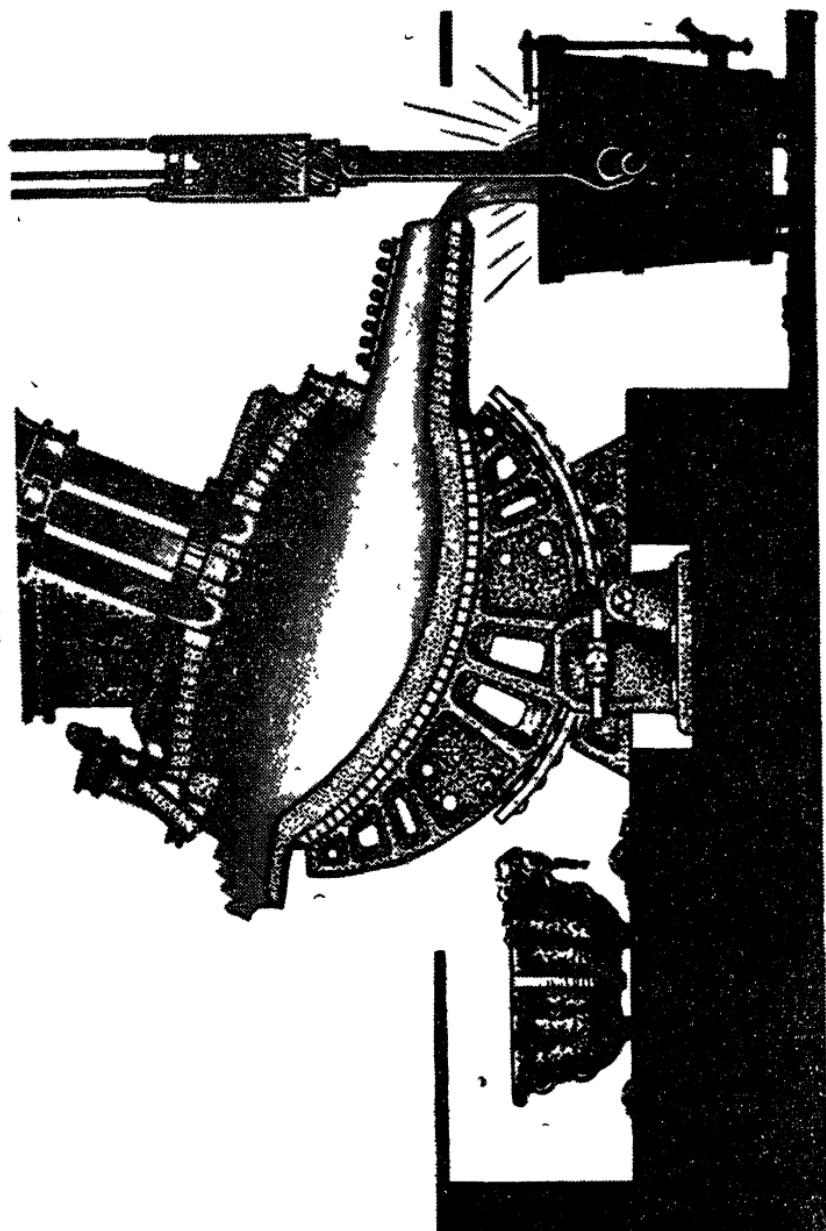
(१) इस फर्नेस में विद्युत चाप कायम रखने की प्रणाली के फल-स्वरूप फर्नेस की निष्पत्ति सर्वाधिक रहती है।

(२) अन्य चाप-फर्नेसो की तुलना में इसकी बनावट और फर्नेस में विद्युदग्रो के प्रवेश की रीति सरल और सुविधाजनक है।

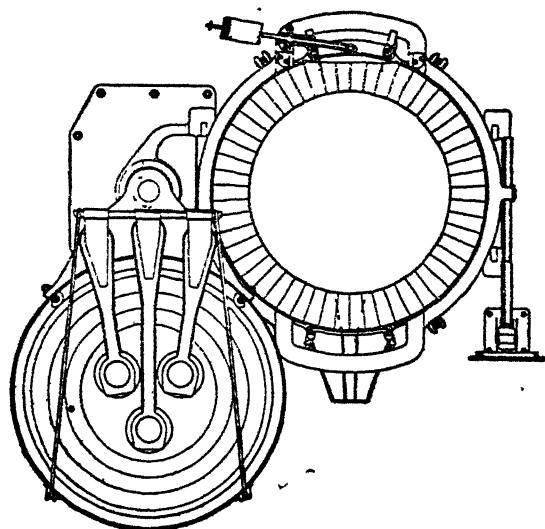
(३) यह फर्नेस भिन्न-भिन्न प्रकार की वृत्तियों को सुलभता से निभा सकती है।

फर्नेस की बनावट

चित्र ५१ क मे विद्युत चाप फर्नेस का खंड उसके अन्य उपकरणो के साथ दिखाया गया है। फर्नेस का अनुप्रस्थ खंड गोलाकार इस्पात कर्पर का बनाया जाता है, जिसमे अन्दर उच्च कोटि का अग्निरोधक अस्तर लगा रहता है। फर्नेस की छत चापरूप रहती है। बडी फर्नेसों में क्षेप्य के प्रभरण के लिए छत को हटाया जा सकता है। छोटी फर्नेसो मे यह प्रभरण पार्श्व मे स्थित द्वार से किया जाता है। सभी फर्नेसो मे तापन के कार्यन के लिए पार्श्व में द्वार और उसके सामने दूसरी ओर त्रोटन ओष्ठ रहता है। फर्नेस जिस मंचक पर आश्रित रहती है उसे झुकाया जा सकता है। फर्नेस को झुकानेवाले उपकरण उसके नीचे स्थित रहते हैं, जैसा खण्ड चित्र ५१ ख मे दिखाया गया है।

व्यावसायिक विद्युत चाप फर्नेसों की अनेक भिन्न परिमाएँ रहती है और उनकी धातु-धारिता १, ३, ६, १५, २५, ४० और १०० टन तक रहती है। १०० टन धारितावाली फर्नेस के अलावा अन्य सभी फर्नेसों मे तीन विद्युदग्र रहते है। १०० टन धारितावाली फर्नेस का तंदूर क्षेत्रफल अधिक होने के कारण विद्युदग्रो की आवश्यकता होती है। विद्युदग्र ग्रेफाइट या अकेलास कार्बन के बनते है। ये फर्नेस की छत मे इस प्रकार प्रवेश करते

चित्र ५१ ख—चाप फर्नेस (नमन रूप में)

हैं कि सम त्रिभुज के तीन शीर्षों पर स्थित रहें (चित्र ५२)। विद्युदग्रों का व्यास सामान्यत: ६ से २४ इच और लम्बाई ६ फुट रहती है। उनके दोनो सिरों पर चूडियाँ बनी रहती हैं जिससे चूडीवाले चूचुक की सहायता से उन्हे एक दूसरे मे कसा जा सकता है। इस प्रकार विद्युदग्र का प्रदाय[1] निरं-

चित्र ५२—चाप फर्नेस में विद्युदग्रों की स्थिति

तर बना रहता है। फर्नेस मे ऊष्मा का उत्पादन कुंभ से विद्युदग्रो की दूरी पर निर्भर रहता है। इस कारण यह दूरी निश्चित कर ली जाती है जिससे विधि में विद्युदग्रो और कुंभ मे यह दूरी स्वयमेव बनी रहती है। विन्च विन्यास[2] की सहायता से विद्युदग्र उनकी खपत के अनुरूप नीचे होते रहते

१. Feed २ Winch arrangement

है। विद्युदग्रो का फर्नेस में प्रवेश स्थान जल शीतलित कालरो से घिरा रखा जाता है।

फर्नेस का तंदूर उत्तम अग्निरोधकों का बनाया जाता है। अम्लीय विद्युत चाप फर्नेसो का सम्पूर्ण अस्तर सिलिका ईंटों का बनाया जाता है, जिनके पीछे फायर क्ले ईंटो का आधार रहता है। तंदूर की सिलिका ईंटों पर विद्युत चापों की सहायता से सिलिका बालू को गलाकर भली प्रकार मढ दिया जाता है। क्षारीय फर्नेसों का तंदूर मेगनेसाइट ईंटों पर विद्युत चापों की सहायता से मेगनेसाइट चूर्ण गलाकर और मढ़कर बनाया जाता है। मल रेखा के ऊपर की दीवारें और छत श्रेष्ठ सिलिका ईंटों की बनायी जाती है (चित्र ५३)।

फर्नेस में तीनो विद्युदग्र छत मे से प्रविष्ट होकर मल सतह से १–२ इच दूर आते है। फर्नेस में त्रिकला प्रत्यावर्ती धारा[१] का उपयोग किया जाता है। विद्युत चाप प्रत्येक विद्युदग्र और कुंभ मे जगाया (बनाया) जाता है। विद्युदग्र इतनी दूर रखे जाते है कि उनके बीच में कोई चाप न जग सके। विद्युत धारा विद्युदग्र क मे प्रवेश कर चाप बनाती हुई मल में जाती है। मल का विद्युतीय रोध अधिक होने के कारण ऊष्मा का उत्पादन होता है। मल से धातु मे बहकर धारा विद्युदग्र ख के नीचे आकर पुनः विद्युत चाप बनाती है। इस प्रकार विधि मे लगभग सभी ऊष्मा का उद्‌भव मल और विद्युदग्रो के बीच जगे विद्युत चापों से होता है। धातु के ऊपर मल की परत चाप के अति ताप से धातु की रक्षा करती है। विद्युत चापों के निकट का ताप अत्यधिक होता है, जिसके कारण कार्बन विद्युदग्रों के कण वाष्पित होकर धारा को चालित करते है। इतना उच्च ताप विद्युदग्रों के निचले छोरों के निकटवाले वायुस्थानो मे ही होता है। कार्बन ३५००° से० से अधिक ताप पर वाष्पित होता है।

१. Three phase alternating current

अम्लीय विद्युत चाप विधि

विद्युत शक्ति सुलभ और सस्ती होने पर उच्च अर्हतावाले आयुध और मेलीय इस्पातों का उत्पादन अम्लीय विद्युत चाप विधि द्वारा किया जाता है। संधानी मे संवपनो[१] के उत्पादन के लिए अम्लीय विद्युत फर्नेसो का उपयोग हाल के वर्षो मे अधिक बढ गया है। इस विधि की धातुकी[२] मूलतः अम्लीय तंदूर विधि के समान ही है। गंधक और फास्फोरस का निष्कासन न होने के कारण चार्ज का प्रभार विशेप सावधानी से किया जाना चाहिए, जिससे इन तत्वो मे प्रत्येक की मात्रा ० ०४ प्रतिशत से कम हो। विद्युत विधियो मे अधिक पिग लोह प्रभार में शामिल नही किया जाता, अन्यथा कार्य-अवधि अधिक बढ जाने के कारण उत्पादन-व्यय बहुत अधिक हो जाता है। यही कारण है कि इन फर्नेसो का अधिकाश प्रभार इस्पात क्षेप्य रखा जाता है। अम्लीय विधि मे क्षेप्य का चुनाव सतर्कता से किया जाना चाहिए।

बैसेमर और विवृत तंदूर विधियों की तुलना में विद्युत चाप विधियो का उत्पादन व्यय अधिक होता है। अत उच्च अर्हतावाले इस्पातो के उत्पादन में ही इनका उपयोग लाभदायक हो सकता है। अम्लीय विद्युत चाप विधि मे आक्सीकारक गैसो और मल का प्रभाव अम्लीय तंदूर विधि की अपेक्षा बहुत कम किया जा सकता है, जिससे इस्पात का अनाक्सीकरण अधिक अच्छा होता है। अनाक्सीकरण अवधि के अत में मेलीय तत्व फर्नेस में डाले जाते हैं। आक्सीकरण से उनकी अधिक मात्रा की हानि नही होती और अधातुकीय अन्तर्भूत सरलता से ऊपर उठकर मल मे मिल जाते हैं।

विधि का प्रकार्य और रसायन

फर्नेस मे इस्पात क्षेप्य का प्रभंग्ण इस प्रकार किया जाता है कि प्रभरित्न

१. Casting २. Metallurgy

क्षेप्य का उच्चतम बिन्दु फर्नेस के मध्य मे हो। क्षेप्य का चुनाव इस प्रकार किया जाना चाहिए जिससे गलन के बाद कुंभ में कार्बन की मात्रा समापित इस्पात मे कार्बन की इष्ट मात्रा से लगभग ०.०५ प्रतिशत अधिक रहे। कुभ मे कार्बन की मात्रा जितनी अधिक रहेगी, शोधन और कार्यन-अवधि उतनी ही बढ जायेगी। शोधन-काल मे चार्ज (प्रभार) द्रवित होकर एकरस हो जाता है और सिलिकन, मैंगनीज इत्यादि के आक्सीकरण से प्राप्त और क्षेप्य के साथ रेत तथा अन्य अशुद्धियो के रूप में विद्यमान अधातुकीय अन्तर्भूत मल मे मिल जाते है।

गलन काल मे क्षेप्य मे विद्यमान मोर्चा, स्केल और चार्ज के आक्सीकरण से प्राप्त FeO द्वारा सिलिकन, मैंगनीज और कार्बन का आक्सीकरण होता है। गलन पहले विद्युदग्रो के नीचे होता है। गलन समाप्त होने पर कुंभ मे प्रारंभिक कार्बन प्रतिशत देखकर लोह ओर डाला जाता है, जिससे कार्बन की इष्ट मात्रा प्राप्त हो सके। मल मे FeO को मात्रा कम करने के उद्देश्य से थोडा चून पत्थर डाला जाता है। यह FeO को प्रतिस्थापित कर देता है जो धातु मे जाकर कार्बन के आक्सीकरण को गति को बढाता है। कुंभ मे कार्बन के आक्सीकरण के साथ-साथ मल में FeO की मात्रा कम होती जाती है। समय-समय पर इस्पात के भंग और मल की प्रकृति देखकर कुभ में कार्बन और मल मे FeO की प्रतिशतता का अनुमान लगाया जाता है। शोधन काल में कार्बन के निष्कासन के साथ अधातुकीय अन्तर्भूतों को धातु से निकलकर मल मे मिलने का अवसर और समय देना बहुत आवश्यक है।

शोधन-काल फर्नेस-प्रकार्य[1] और विधि की सफलता के लिए सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण है। अनेक निलंबित छोटे आक्साइड कणों का द्रवणाक कुंभ के ताप से अधिक होता है। अत इनकी धातु से बाहर उठने की गति बहुत

१. Working

धर्मा होती है। यदि उचित समय न देकर शीघ्रता से कार्बन का इच्छित आक्सीकरण समाप्त कर लिया जाय, तो ये छोटे आक्साइड कण इस्पात मे ही रह जाते है और उसकी अर्हता को घटा देते है। मल की प्रकृति अति अम्लीय होने पर वह बहुत श्यान हो जाता है जिससे ये आक्साइड कण सरलता से मल मे प्रविष्ट नही हो पाते। विधि मे इन दोनो पहलुओ पर उचित ध्यान दिया जाना चाहिए। शोधन-काल के अंत मे अधिकांश अन्तर्भूत मे धातु मुक्त हो जाती है और मल मे लोह आक्साइड प्रतिशतता निम्नतम हो जाती है। इस अवस्था को कुंभ का उपाचोयन[1] कहते हैं।

कुभ का उपाचोयन होने पर मल के SiO_2 का अपचयन[1] होकर धातु की सिलिकन प्रतिशतता बढने लगती है। यदि यह अधिक समय तक होने दिया जाय तो इस्पात की तरलता कम हो जाती है। अच्छे संवपनों के उत्पादन के लिए यह अवाछनीय है। धातु की समुचित तरलता का अनुमान स्रुव परीक्षण द्वारा किया जाता है। सिलिकन के अति अपचयन का प्रभाव कुभ या मल मे FeO डालकर कम किया जाता है।

कार्बन की इष्ट मात्रा आने, अधातुकीय अन्तर्भूतो से धातु की मुक्ति और अपचयित सिलिकन द्वारा FeO मे समुचित कमी होने पर कुंभ का अनाक्सीकरण किया जाता है। यह सदैव फर्नेस मे ही किया जाता है। यदि विधि मे सभी प्रकार्य ठीक प्रकार से किये गये हो तो समाप्ति के समय कुंभ में कार्बन के आक्सीकरण से क्वथन अति मन्द होता है, उसकी गति सम रहती है। इस समय कुभ मे अवशिष्ट FeO की समाप्ति के लिए कम सिलिकन और उच्च कार्बनवाला लोह डाला जाता है। इससे क्वथन की गति बढ जाती है और कुभ के विलोडन से अन्तर्भूतों के ऊपर उठने मे सुविधा होती है। इसके बाद अनाक्सीकरण को पूर्ण करने के लिए लोह मैगनीज और लोह सिलिकन डाले जाते है। अधिकाश FeO का

१ Reduction

विलगन पहले कार्बनयुक्त लोह के साथ प्रक्रिया के बाद करने से धातु मे अधातुकीय कणों की मात्रा नही बढती। यदि लोह सिलिकन पहले डाला जाय तो सिलिका के कणों से सारी धातु लद जायगी। अंत में लोह मैंगनीज और लोह सिलिकन साथ-साथ डाले जाते है, जिससे अनाक्सीकरण पूर्ण हो जाय और सुगलनीय मैंगनीज सिलिकेट बनकर शीघ्रता से ऊपर उठकर मल मे मिल जाय। कभी-कभी अन्य अनाक्सीकारक पदार्थो का भी उपयोग किया जाता है। उचित रासायनिक समास और ताप-वाली धातु को भली प्रकार अनाक्सीकृत कर लेडिल में त्रोटित किया जाता है। त्रोटन मे फर्नेस को झुकाकर मल को लेडिल में आने से रोका जाता है।

क्षारीय विद्युत चाप विधि

विद्युत विधियो द्वारा उत्पादित अधिकाश इस्पात का उत्पादन क्षारीय विधि द्वारा किया जाता है। इस विधि मे क्षारीय मल बनाकर आक्सीकारक वातावरण मे नि.स्फुरण और अपचायक वातावरण मे गधकहरण सफलतापूर्वक किया जाता है। क्षारीय तदूर फर्नेस में ईंधन के दहन के लिए हवा आवश्यक है, जिससे फर्नेस का वातावरण आक्सीकारक रहता है। इस कारण इस्पात में गधक की प्रतिशतता कम नही की जा सकती। घटिया चार्ज (प्रभार) का उपयोग कर अच्छे इस्पातो का उत्पादन करने के लिए क्षारीय विद्युत चाप विधि सर्वोत्तम है।

क्षारीय विद्युत फर्नेसों का उपयोग मुख्यतः निम्नलिखित दो प्रकारो से होता है—

(१) क्षारीय विवृत तंदूर विधि मे शोधित इस्पात विशोधन के लिए विद्युत फर्नेस में कार्यित किया जाता है। इस प्रकार इस्पात का अनाक्सीकरण समुचित रूप मे विद्युत फर्नेस मे किया जाता है। यह विधि अधिक मात्रा मे विद्युत इस्पात का उत्पादन करने के लिए प्रयुक्त होती है।

(२) शीतल इस्पात क्षेप्य का प्रभरण कर स्वतन्त्र विधि के रूप में श्रेष्ठ

इस्पातों का उत्पादन करने के लिए क्षारीय फर्नेस बहुत प्रचलित है। विद्युत शक्ति कम मूल्य और सुलभता से उपलब्ध होने पर उपयुक्त धारितावाली फर्नेसो की स्थापना करके इस्पात का स्वतंत्र रूप से उत्पादन किया जा सकता है। इसके लिए पिग लोह या अन्य इस्पात उत्पादक फर्नेसों की आवश्यकता नही पडती।

प्रभरण और गलन

क्षारीय विवृत तंदूर फर्नेस मे शोधित इस्पात के विशोधन और शीतल इस्पात क्षेप्य विधि की अंतिम दशा मे समानता होने के कारण यहाँ स्वतंत्र विधि का वर्णन किया जायगा। गलन और निःस्फुरण के पश्चात् दोनों विधियो की कार्यप्रणाली लगभग समान हो जाती है। छोटी फर्नेसो मे प्रभरण पार्श्व मे स्थित द्वार से किया जाता है। आधुनिक वडी फर्नेसो की छत अपनेय[1] होती है। उसे हटाकर डलिया द्वारा ऊपर से प्रभरण किया जाता है।

इस्पात क्षेप्य का चुनाव करते समय अनेक बातो पर ध्यान देना आवश्यक है। गलन के बाद कुंभ मे फास्फोरस, गंधक और कार्बन की मात्रा बहुत अधिक नही होनी चाहिए, अन्यथा शोधन अवधि लंबी होकर, इस्पात का उत्पादन व्यय बढ जाता है। यही कारण है कि सामान्यतः चार्ज मे पिग लोह का क्षेप्य शामिल नही किया जाता। क्षेप्य की भौतिक दशा ताप और विद्युत की चालकता को प्रभावित करती है। फलस्वरूप चार्ज मे हलके और भारी क्षेप्य के अनुपात और फर्नेस में उनका वितरण सावधानी से किया जाता है। भारी क्षेप्य का अनुपात अधिक होने पर चापो की अत्यधिक ऊष्मा परावर्तित होकर फर्नेस के अग्निरोधक अस्तर का जीवन कम कर देती है। इसे रोकने के लिए चार्ज के ऊपरी भाग में हलका क्षेप्य रखा जाता

१. Removable

है। विद्युदग्र इसे गलाकर सरलता से अपना मार्ग बना लेते है जिससे परा-वर्तन द्वारा अग्निरोधकों की क्षति बहुत कम हो जाती है। द्रावक और अन्य पदार्थ, जैसे चूना, मिल स्केल, फ्लोरस्पार इत्यादि की पर्याप्त शुद्धि आवश्यक है, अन्यथा विधि की कार्य अवधि व्यर्थ मे बढ़ जाती है। यह बात सदैव ध्यान मे रखनी चाहिए कि विद्युत-जन्य ताप विशेष महँगा रहता है।

प्रभरण समाप्त होने पर द्वार को बंद कर विद्युत धारा संलग्न कर दी जाती है। लगभग २० मिनट में विद्युत चापो की क्रिया से प्रत्येक विद्युदग्र के नीचे गड्ढा सा बन जाता है और उसमें गलित धातु एकत्र होने लगती है। गलन की प्रगति के साथ इन धातु पल्लवो का आकार बढ़ता जाता है। गलन काल मे कुछ समय तक विद्युदग्रों का नियंत्रण हाथ से किया जाता है। धातु पल्वल (pool) बनने के बाद इनका नियंत्रण करने के लिए स्वत चालित विन्यास प्रारम्भ कर देते है।

शोधन

यह काल विधि के लिए सर्वाधिक महत्वपूर्ण है। इसकी आनम्यता के कारण ही इस्पात-उत्पादन विधियो मे क्षारीय विद्युत फर्नेस का स्थान सर्वोपरि है। ईंधन के दहन वाली फर्नेसों मे आक्सीकारक वातावरण रखना आवश्यक रहता है, जिससे मल की प्रवृत्ति भी आक्सीकारक होती है। इस विधि में इच्छानुसार आक्सीकारक अथवा अपचायक मल बनाकर फास्फोरस और गंधक का निष्कासन किया जा सकता है। समापित इस्पात को लगभग इसी ताप पर अनिश्चित काल तक फर्नेस में रखकर अधातुकीय अन्तर्भूतों को अलग किया जाता है और इस्पात पूर्णत. अनाक्सीकृत हो जाता है। जब इस्पात मे कार्बन की मात्रा ०.०४ प्रतिशत से कम करना हो, तब अपचायक मल के सम्पर्क में धातु को अधिक समय रखने से विद्युदग्रों का कार्बन मल की तह से विसरित होना कठिनाई खड़ा करता है। यह समस्या ०·१ प्रतिशत से अधिक कार्बनवाले इस्पातों का उत्पादन करने मे नही खडी होती। शोधन काल के निम्नलिखित दो उपभाग होते है—

(१) आक्सीकरण काल,
(२) अपचयन काल।

आक्सीकरण काल—इस काल मे आक्सीकारक मल का उपयोग किया जाता है। इस समय होनेवाली रासायनिक प्रक्रियाएँ मूलत. क्षारीय तंदूर विधि के समान ही होती है। चूना, मिल स्केल, सिलिका और फ्लोरस्पार को उचित मात्रा मे डालकर तरल, आक्सीकारक क्षारीय मल बनाया जाता है। प्रभार मे विद्यमान सिलिकन गलन और आक्सीकरण काल में आक्सीकृत होकर मल मे मिल जाता है। फास्फोरस भी आक्सीकृत होकर चूने के साथ युक्त हो मल मे आ जाता है। सामान्यत प्रभार का चुनाव इस प्रकार का होता है कि गलन के वाद कुंभ में कार्बन की मात्रा समुचित रहे। यदि कुभ मे कार्बन की मात्रा अधिक हो तो उसका आक्सीकरण करने के लिए मिल स्केल या लोह ओर प्रभरित किया जाता है। फास्फोरस-युक्त मल को सकिरित कर फर्नेस के बाहर निकाल दिया जाता है। इम प्रकार धातु मे फास्फोरस के पुन प्रवेश की सभावना बिलकुल मिट जाती है। अब क्रोमियम, वेनेडियम, टग्स्टन, मालिब्डीनम इत्यादि मेलीय धातुओ की आक्साइडे प्रभरित की जा सकती हैं, जिससे अपचयन काल मे लघ्वित होकर ये धातुएँ इस्पात मे विलयित हो जायँ। मेलीय धातुओ को आक्साइडो का प्रत्यक्ष लघ्वन कर इस प्रकार कीमती लोह मेलो की बचत की जाती है। आक्सीकारक मल का रंग काला होने के कारण इसे 'श्याम मल काल' भी कहते हैं।

अपचयन काल—चूना, बालू, फ्लोरस्पार और कोक चूर्ण डालकर नया अपचायक क्षारीय मल बनाया जाता है। क्षारीय विद्युत फर्नेस की कार्यप्रणाली का यह भाग अन्य सभी इस्पात उत्पादन करनेवाली विधियो से भिन्न है। इस काल मे मल में विद्यमान लोह आक्साइड की मात्रा मे कमी होने के कारण मल की रग हलका पडने लगता है। चूने और कार्बन के योग से कैलशियम कार्बाइड यौगिक वनता है। यह अपचायक मल का महत्त्वपूर्ण घटक रहता है। इस काल मे कुंभ मे विद्यमान आक्साइडो का

लघ्वन होता है और धातु में विद्यमान गंधक कैलशियम सल्फाइड (CaS) के रूप मे मल मे निष्कासित हो जाता है। गंधक का इस प्रकार लगभग संपूर्ण निष्कासन क्षारीय विद्युत चाप विधि की सबसे बड़ी विशेषता है। अपचायक मल का रंग भूरा होने के कारण इसे 'श्वेत मल काल' या 'कार्बाइड मल काल' भी कहते है। इस मल को पानी मे डालने से एसीटिलीन गैस की गंध आती है। मल की प्रकृति की जॉच करने के लिए द्रावकर्ता यह परीक्षण करते है। शोधन काल मे दो प्रकार के मलो का उपयोग कर इस्पात में फास्फोरस और गधक की प्रतिशतता सामान्यत ०·०३% से कम कर दी जाती है और आवश्यकता होने पर ०.०१% की जा सकती है। गंधकहरण की गति कुंभ में मैंगनीज़ की मात्रा मे वृद्धि कर बढ़ायी जा सकती है। मैंगनीज सल्फाइड धातु में कम विलेय होने के कारण जल्दी उठकर मल मे मिल जाता है।

समाप्ति

उचित गधकहरण होने के पश्चात् इस्पात के रासायनिक समास और ताप का समंजन किया जाता है। अनाक्सीकरण और पुन.कार्बनन के लिए लोह-मेलों की परिगणित मात्रा डाली जाती है। इसके दो उद्देश्य है प्रथम कुंभ मे अवशिष्ट आक्सीजन का हरण और दूसरा समापित इस्पात मे इष्ट मेलीय तत्त्वों की मात्रा में समुचित वृद्धि। अधातुकीय अन्तर्भूतों को ऊपर उठने के लिए पर्याप्त अवसर और सुविधा इस्पात की अर्हता के लिए आवश्यक है। अंत में त्रोटन के पहले इस्पात का ताप समंजित किया जाता है। इसका निर्णय करने के लिए स्रुव मे गलित इस्पात निकालकर उस पर बननेवाले पटल का निरीक्षण किया जाता है अथवा स्रुव से धातु गिराकर उसमे बची करोटी[1] को देखा जाता है।

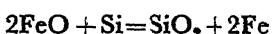
१. Skull

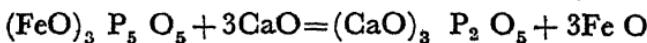
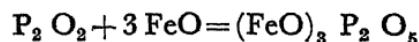
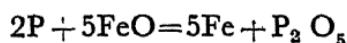
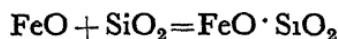
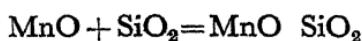
त्रोटन

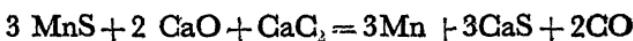
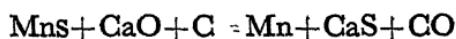
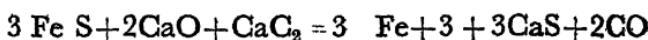
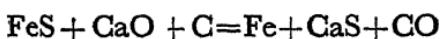
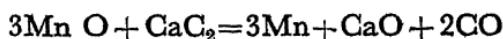
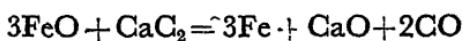
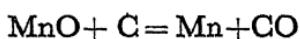
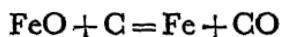
तापन रासायनिक और तापीय दृष्टि से उचित दशा में होने पर फर्नेस को झुकाकर लेडिल में धातु का त्रोटन किया जाता है। इस समय त्रोटन छिद्र को गीले बोरे से भर देते है जिससे फर्नेस को त्रोटन के लिए झुकाते समय मल बाहर न निकले। धातु त्रोटन-छिद्र के ऊपर उठकर बोरे को जला देती है और लेडिल में गिरने लगती है। इस प्रकार लेडिल में मल और धातु का मिश्रण रोका जाता है जिससे इस्पात में मल के कण समाविष्ट न होने पायें। इस्पात को लेडिल मे गिराते समय घुमावदार गति दी जाती है जिससे उसमे अधिकतम रासायनिक समागता आ जाय। त्रोटन के समय प्रकाशकीय[1] तापमापी से इस्पात का ताप प्राप्त किया जाता है। इस्पात को लेडिल मे कुछ समय तक रहने दिया जाता है जिससे पाशित अन्तर्भूत[2] ऊपर उठ आयें। अब धातु को मोल्डो में प्रपूरित[3] कर इन्गटें (पिण्डक या सिलें) तैयार की जाती है।

विधि का रसायन

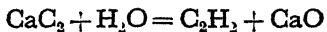
विधि के आक्सीकरण काल मे होनेवाली रासायनिक प्रक्रियाएँ क्षारीय विवृत तंदूर विधि के समान होती है। गलन और आक्सीकरण काल में सिलिकन, मैंगनीज, फास्फोरस और कार्बन का आक्सीकरण होता है। फास्फोरस चूने के साथ युक्त होकर मल में प्रविष्ट हो जाता है। इस काल में होनेवाली विभिन्न रासायनिक प्रक्रियाओ को इस प्रकार लिखा जा सकता है—

$$2FeO + Si = SiO_2 + 2Fe$$
$$FeO + Mn = MnO + Fe$$

१. Optical २. Entrapped inclusives
३. Teem

$$MnO + SiO_2 = MnO\ SiO_2$$
$$FeO + SiO_2 = FeO \cdot SiO_2$$
$$2P + 5FeO = 5Fe + P_2\,O_5$$
$$P_2\,O_2 + 3\,FeO = (FeO)_3\ P_2\,O_5$$
$$(FeO)_3\ P_5\ O_5 + 3CaO = (CaO)_3\ P_2\,O_5 + 3Fe\,O$$

फास्फोरस समृद्ध आक्सीकारक मल फर्नेस के बाहर निकाल देने से बाद में धातु के पुन. स्फुरीकरण की आशंका नही रहती। अपचायक मल का निर्माण करने के लिए डाला गया कोक चूर्ण फर्नेस के वातावरण को अपचायक बनाता है। विद्युत चाप की प्रबल ऊष्मा से कार्बन और चूने मे प्रक्रिया होकर कैलशियम कार्बाइड बनता है। इस काल मे धातु का अनाक्सीकरण और गंधकहरण होता है।

$$FeO + C = Fe + CO$$
$$MnO + C = Mn + CO$$
$$CaO + 3C = Ca\ C_2 + CO$$
$$3FeO + CaC_2 = 3Fe + CaO + 2CO$$
$$3Mn\ O + CaC_2 = 3Mn + CaO + 2CO$$
$$FeS + CaO + C = Fe + CaS + CO$$
$$3\ Fe\ S + 2CaO + CaC_2 = 3\ \ Fe + 3 + 3CaS + 2CO$$
$$MnS + CaO + C = Mn + CaS + CO$$
$$3\ MnS + 2\ CaO + CaC_2 = 3Mn + 3CaS + 2CO$$

उपर्युक्त रासायनिक प्रक्रियाओ से यह स्पष्ट है कि कार्बन की खपत को पूरा करने के लिए अतिरिक्त कोक चूर्ण का प्रभरण आवश्यक है। यदि कुंभ का अनाक्सीकरण संतोषजनक रीति से न हो तो गंधक धातु में पुनः वापस लौट आता है।

मल की अपचायक प्रकृति का परीक्षण करने के लिए उसे पानी मे डाला जाता है। भली प्रकार बने मल से एसीटिलीन गैस की गंध आती है—

$$CaC_2 + H_2O = C_2H_2 + CaO$$

कुभ का अनाक्सीकरण और गंधकहरण होने के पश्चात् धातु का ताप और रासायनिक समास समजित किया जाता है। मेलीय तत्त्वो का प्रभरण त्रोटन के लगभग आधे घटे पहले किया जाता है। इस अवधि मे अनाक्सीकरण उत्पाद[1] धातु के ऊपर उठकर मल मे आ जाते है।

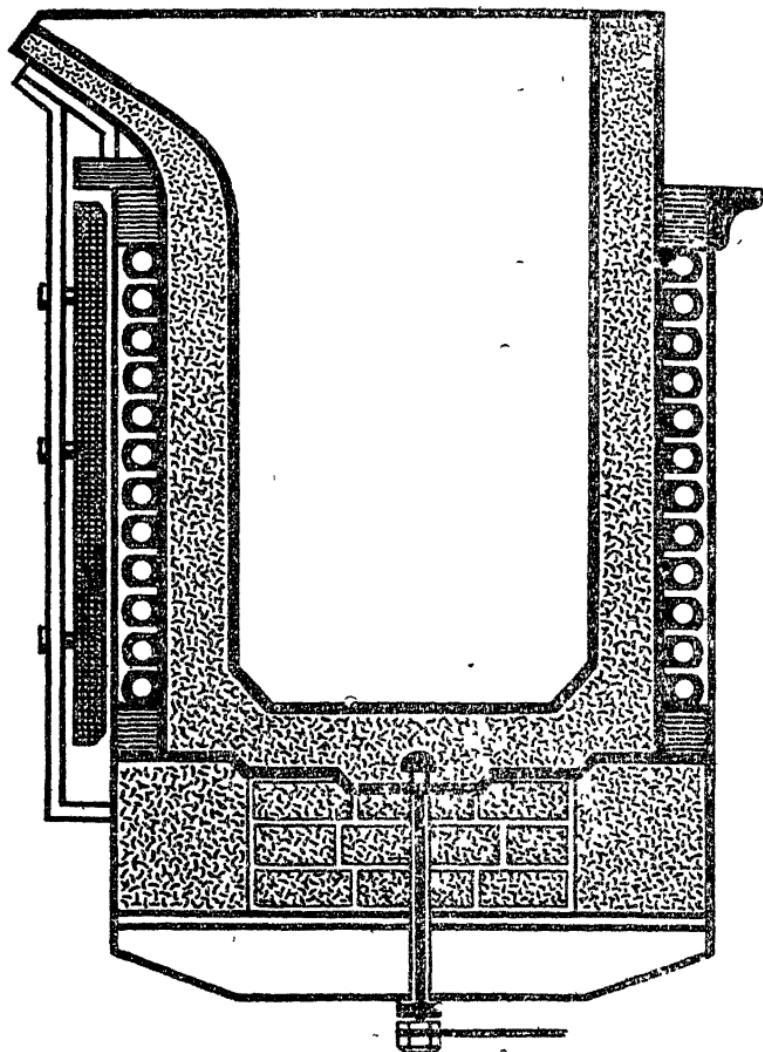
अम्लीय और क्षारीय विद्युत चाप विधियाँ

अम्लीय विद्युत चाप विधि को गलन विधि माना जा सकता है। इस विधि में गधक और फास्फोरस का निष्कासन सभव न होने से कार्बन के आक्सीकरण के अतिरिक्त अन्य शोधन क्रियाएँ नही होती। प्रवर क्षेप्य का गलन कर इस्पात संवपनों का उत्पादन करने के लिए यह विधि अधिक प्रयुक्त हुई है। क्षारीय विधि के समान सूक्ष्म नियत्रण की इस विधि में आवश्यकता नही रहती और न मल को फर्नेस के बाहर निकालना पड़ता है। इन कारणो से क्षारीय विधि की तुलना मे उत्पादन गति अधिक होती है।

क्षारीय विद्युत चाप विधि मे घटिया प्रभार का व्यवहार कर उत्तम अर्हतावाले इस्पातों का उत्पादन किया जा सकता है। परन्तु इसका यह अर्थ नही है कि उस के चुनाव मे सावधानी न रखी जाय। अशुद्धियों की वृद्धि से विधि की कार्य अवधि अधिक हो जाती है, जिसके फलस्वरूप उत्पादन व्यय बढ जाता है।

अम्लीय विद्युत फर्नेस में कम सिलिकनवाला क्षेप्य नितल में प्रभरित

१. Products

किया जाता है। अम्लीय विद्युत तंदूर फर्नेस के विपरीत इस विधि में प्रबल

चित्र ५४ क—विद्युत प्रेरक फर्नस की मुख्य बनावट

आक्सीकरण का अभाव रहता है, जिससे अग्निरोधकों का संक्षय होने की

संभावना नही रहती। अम्लीय विद्युत विधि में समापित इस्पात की तरलता पर सूक्ष्म नियंत्रण रखकर दुर्गम संवपनों का उत्पादन सफलता-पूर्वक किया जाता है।

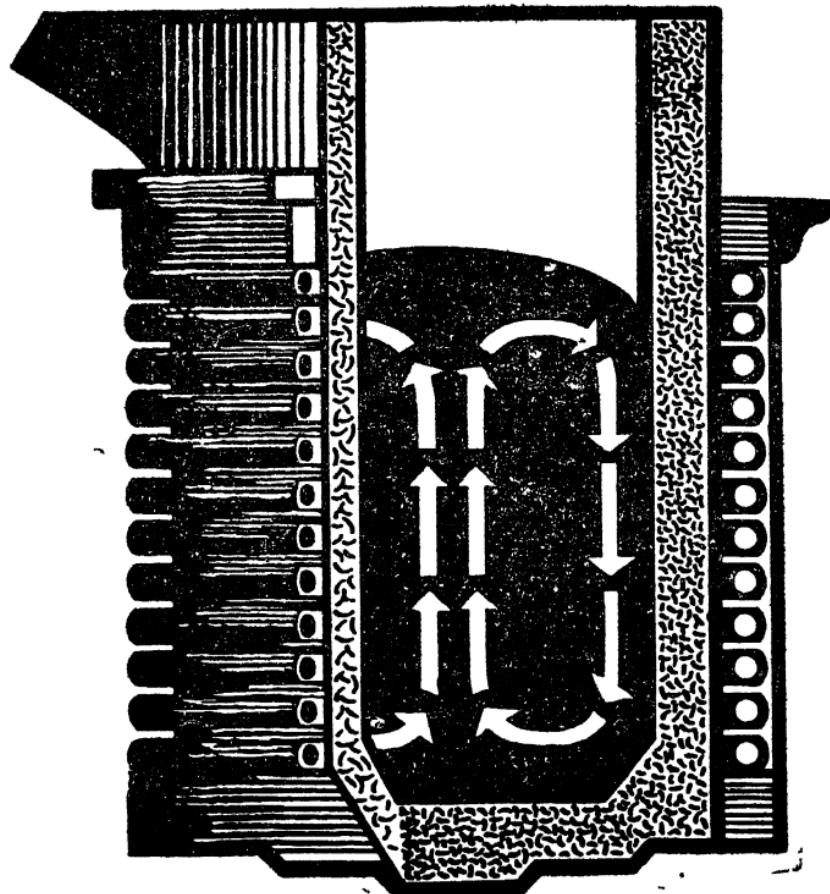
विद्युत प्रेरक फर्नेस

उच्च कोटि के मेल इस्पात, टूल इस्पात इत्यादि के उत्पादन के लिए विद्युतीय प्रेरण सिद्धान्त का उपयोग कर फर्नेसों का गठन किया गया हैं। इनके प्रादुर्भाव से पहले उच्च किस्म के इस्पातों का उत्पादन घरिया विधि के द्वारा किया जाता था, जिसमें द्रावकर्ताओं को कठिन परिश्रम करना पडता था। इतनी कष्टसाध्य विधि के स्थान मे प्रेरक फर्नेस शान्त, सरल और धातुकीय दृष्टि से श्रेष्ठ हैं। इस्पात उत्पादन मे इसका सबसे पहला प्रयोग सन् १९२७ मे शेफील्ड (इंग्लैण्ड) मे किया गया था। उस समय से इसका उपयोग निरंतर बढ़ता ही जा रहा है और श्रेष्ठ इस्पातों के उत्पादन के लिए यह आदर्श विधि मानी जाती है।

फर्नेस की बनावट

चित्र ५४ (क) मे फर्नेस के प्रधान लक्षण स्पष्ट किये गये है। एक अग्नि-रोधक घरिया के ऊपर जल-शीतित कुंडलित चालक रखा जाता है। कुंड-लित ताम्र चालक मे प्राथमिक धारा और घरिया में रखे धातुकीय प्रभार में परवर्ती धारा (चित्र ५४ ख) प्रवाहित होती है। ताम्र चालक को जल-शीतत रखना आवश्यक है, अन्यथा वह गल जायगा। ताम्र सर्पिल[1] और घरिया के बीच की जगह उपयुक्त अग्निरोधक कणों से भर दी जाती है। धोखे से कभी घरिया के टूटने पर इस प्रकार कुंडलित चालक का गलित धातु

१. Helix

से बचाव होता है। फर्नेस का बाहरी कर्पर[१] अदह[२] का बनाया जाता है।

चित्र ५४ ख---प्रेरक फर्नेस के धातुकीय प्रभार में परवर्ती धारा का प्रवाह

बहुत बडी फर्नेसों मे इस्पात का बाहरी कर्पर बनाकर कुडलित चालक और

१. Shell
२. Asbestos

कर्पर के बीच मे पटलित[1] सिलिकन इस्पात का चुबकीय परिरक्षक[2] लगा दिया जाता है। चुबकीय स्यन्द[3] सिलिकन इस्पात मे अधिक सरलतापूर्वक आकर कवच में भँवर धाराओ को रोकता है। इन फर्नेसों की धारिता १ पौड से १० टन तक होती है।

ऊष्मा का उत्पादन

फर्नेस में ऊष्मा का उत्पादन ट्रासफार्मर सिद्धान्त पर आधारित है। कुडलित ताम्र चालक में अधिक आवृत्ति धारा प्रवाहित होने पर घरिया मे रखे धातुकीय प्रभार मे (जो ट्रांसफार्मर के परावर्ती की तरह होता है) विद्युत-चुबकीय प्रेरण से भँवर धाराएँ[4] उत्पन्न होती हैं। धातुकीय प्रभार इनके प्रवाह को रोकता है, जिसके फलस्वरूप ऊष्मा का उत्पादन होता है। इस्पात में भँवर धाराओं के साथ चुबकीय शैथिल्य भी प्रभार को तापित करता है। चुवकीय बिन्दु पार हो जाने पर तापन केवल भँवर धाराओं द्वारा होता है। इस प्रकार उत्पादित ऊष्मा से इस्पात और अन्य उच्चतापीय धातुमेल गल जाते है। ऊष्मा उत्पादित करनेवाली भँवर धाराएँ आवृत्ति के वर्गानुरूप बदलती हैं। अतः फर्नेस मे अधिक आवृत्ति धारा की आवश्यकता होती है। जितनी विशाल फर्नेस होगी, उतनी ही कम आवृत्तियो का उपयोग किया जा सकेगा। सामान्यत १००० चक्र से १,०००,००० चक्र तक आवृत्तियाँ प्रयुक्त होती हैं।

फर्नेस का प्रभरण और कार्यन

प्रारंभिक काल में ऊष्मा के उत्पादन के लिए घरिया मे कुछ बडे

१. Laminated
२. Shield
३. Flux द्रावक
४. Eddy currents

टुकड़े रखना आवश्यक है। बड़े टुकड़ो के सभी तरफ धातु के छोटे छोटे टुकड़े संवेष्टित कर दिये जाते है। प्रभरण समाप्त होने पर अधिक आवृत्ति धारा शुरू कर दी जाती है। द्रुत गति से बदलते चुबकीय स्यन्द के कारण घरिया मे रखे प्रभार में प्रबल भँवर धाराएँ उत्पन्न होती हैं। ये प्रभार की बाहरी प्रधि[१] मे रोध के कारण ऊष्मा का उत्पादन करती है, जो चालन द्वारा प्रभार के मध्य मे आ जाती है। शीघ्र ही घरिया की तली में गलित धातु का पल्वल[२] बन जाता है और अगलित प्रभार के टुकड़े इसमे डूब जाते हैं। इस प्रकार घरिया मे खाली जगह होने पर बचा हुआ प्रभार भी डाल दिया जाता है।

धारा के विद्युत चुबकीय प्रभावों से गलित प्रभार में चक्रण[३] होता रहता है। इसे 'चलित्र प्रभाव'[४] कहते है जिसके फलस्वरूप कुंभ की ऊपरी सतह उत्तल[५] हो जाती है। इस प्रकार प्रभार के शीघ्र गलन तथा विधिवत् मिश्रण मे सुविधा होती है। जो भी मेलीय तत्त्व उसमें सम्मिलित किये जाते हैं, कुंभ के विलोडन के कारण अच्छी तरह मिलकर एकरस हो जाते है।

सामान्यतः प्रेरक फर्नेस के प्रभार का चुनाव बहुत सावधानी से किया जाता है। विभिन्न रचको, मेलीय तत्त्वो इत्यादि की सही मात्रा तौल-कर घरिया मे डाली जाती है। विधि में प्रभार के शोधन का प्रयत्न सामान्यतः नही किया जाता। प्रबल विलोडन-क्रिया के कारण कुंभ की सतह पर मल का आवरण कठिनाई से टिक पाता है। साथ ही विद्युत का बुरा चालक होने के कारण मल का ऊष्मन धातु की ऊष्मा द्वारा ही होता है,

१. Rim
२. Pool
३. Circulation
४. Motor effect
५. Convex

जिसके फलस्वरूप धातु की तुलना मे मल का ताप कम रहता है और शोधन कठिन तथा लाभरहित होता है। कभी-कभी क्षारीय अस्तर वाली फर्नेसों में थोड़ा शोधन किया जाता है।

गलन पूर्ण होने पर सतह पर आये मल को काछकर अलग कर दिया जाता है और यथेष्ट मात्रा मे अनाक्सीकारक पदार्थ डाल दिये जाते हैं। विलोडन के कारण ये पदार्थ शीघ्रता से एकरस हो जाते है। धातु का ताप यथेष्ट बढ़ाने के लिए विद्युत शक्ति की आदा (input) बढ़ा दी जाती है और उपयुक्त ताप प्राप्त होने पर विद्युत सम्भरण बंद कर दिया जाता है। अब फर्नेस को झुकाकर धातु को लेडिल अथवा मोल्ड में त्रोटित किया जाता है। त्रोटन समाप्त होने पर घरिया की दीवारो पर चिपके मल को खुरचकर अलग करने के बाद फर्नेस दूसरा प्रभार लेने के लिए तैयार हो जाती है।

प्रेरक फर्नेस के लाभ

(१) इन फर्नेसो के कार्यन को एक प्रकार से विद्युतीय घरिया विधि माना जा सकता है, जिसकी तुलना में प्रेरक विधि सुविधाजनक, कम कष्टसाध्य और शान्त होती है। साधारण घरिया विधि में कठिन परिश्रम के बाद कुछ पौंड इस्पात का उत्पादन होता है। घरियो की धारिता बहुत अधिक नही बढ़ायी जा सकती, कारण कि उन्हे फर्नेस गुहा से निकालकर ढलाई करनी पड़ती है।

(२) प्रेरण विधि मे ऊष्मा का उत्पादन प्रभार मे होता है, किसी बाहरी ईंधन की आवश्यकता नही होती। इस कारण फर्नेस का धातु-धारिता परास विस्तृत होता है। १ पौंड से १० टन वाली फर्नेसो का गठन किया गया है। साधारण घरिया विधि मे प्रत्येक घरिया की धारिता बहुत अधिक या कम नही की जा सकती।

(३) घरिया विधि के अंतिम चरणो मे इस्पात की कार्बन और सिलिकन प्रतिशतता बढ जाती है। ईंधन के दहन से कुछ गंधक और फास्फोरस प्रभार मे प्रविष्ट हो जाते है। प्रेरक विधि मे कार्बन, गंधक, फास्फोरस

इत्यादि की मात्रा बढने की कोई सभावना नही रहती। विद्युत चुबकीय प्रभावो के कारण कुंभ का विलोडन भी प्रेरक विधि की अपनी विशेषता है जिसके कारण प्रभार के सभी रचक[१] एकदम समांगित हो जाते है। घरिया विधि मे विलोडन करना पडता है, जो उच्च ताप के कारण बहुत अप्रिय कार्य होता है।

(४) प्रेरक फर्नेस के स्थापन और कार्यन में बहुत कम स्थान की आवश्यकता पडती है। फर्नेस के आसपास का वातावरण स्वच्छ और शान्त रहता है, जिसके कारण गवेषणा कार्य के लिए यह विधि बहुत लोकप्रिय हो गयी है।

(५) प्रभार के गलन मे कम समय लगता है। शीतल प्रभार से आरंभ कर लगभग ५५ से ८० मिनट मे गलन समाप्त होने पर धातु त्रोटित कर ली जाती है।

(६) उच्च मेलीय इस्पातों और अन्य मेलों के गलन के लिए प्रेरक फर्नेस बहुत उपयुक्त है। प्रभार के रासायनिक समास में बिना कोई परिवर्तन हुए श्रेष्ठ अर्हता वाली धातु की प्राप्ति होती है।

(७) फर्नेस के शीर्ष को बन्द कर किसी निश्चित वातावरण या निर्वात मे गलन-कार्य किया जा सकता है। अनेक आधुनिक उपकरणो के लिए अत्युत्तम अर्हता वाले निर्वात गलित इस्पातो का महत्त्व बहुत बढ गया है।

(८) टूल इस्पातो, निकेल क्रोमियम धातुमेलों, उच्च मैंगनीज क्षेप्य, टंगस्टन, क्रोमियम, कोबाल्ट इत्यादि के कार्बाइडो के गलन के लिए प्रेरक फर्नेस बहुत उपयुक्त है। ताप के सरलतापूर्वक नियन्त्रण, उच्च ताप की प्राप्ति और चार्ज के विलोडन ने इन विशेष कार्यो के लिए प्रेरण विधि को अद्वितीय बना दिया है।

१. Components, घटक

(९) फर्नेस का सविराम उपयोग करने पर उसकी निष्पत्ति मे कोई अतर नही आता और न उसके अग्निरोधको को कोई हानि पहुँचती है।

(१०) प्रेरक विधि की आनम्यता एक विशेष उल्लेखनीय गुण है। विभिन्न रासायनिक समासों के श्रेष्ठ धातुमेल बिना किसी कठिनाई के उसी घरिया में बनाये जा सकते हैं।

(११) अनेक धातुकीय क्रियाओ मे बचे क्षेप्य का बिना कोई रासायनिक परिवर्तन हुए पुनर्गलन करना इसी विधि मे संभव है। विद्युत चाप फर्नेसो मे विद्युदग्रो से वाष्पित कार्बन धातु में विलयित हो जाती है।

(१२) गवेषणा के क्षेत्र मे नये धातु-मेल बनाने मे प्रेरक फर्नेस बेजोड है।

प्रेरक फर्नेस की कमियाँ

(१) प्ररचना मे विद्युतीय और यान्त्रिक कठिनाइयो के कारण १५ टन से अधिक धारिता की फर्नेसो का गठन कठिन है।

(२) फर्नेस का कार्यन-व्यय अन्य विधियो की तुलना मे अधिक होता है।

(३) प्रेरक फर्नेस मुख्यतः गलन के लिए उपयुक्त है। सामान्यतः शोधन-कार्य मे इसका प्रयोग लाभदायक नही होता। इस कारण फर्नेस प्रभार का चुनाव बहुत सावधानी से किया जाना चाहिए।

(४) विधि मे गलन अवधि कम होने के कारण कुंभ का प्रारंभिक विश्लेषण करना कठिन होता है। धातु के रासायनिक समास को समुचित रखने के लिए प्रभार पर नियन्त्रण रखना आवश्यक हो जाता है।

अध्याय १२

द्वैध और त्रैध विधियाँ

द्वैध विधि

विवृत तंदूर विधि के विकास के साथ उसकी कार्य-अवधि को कम करने के प्रयत्न निरन्तर होते रहे हैं। वैसे तो किन्ही भी दो विधियो के योग को द्वैधन कहा जा सकता है, परन्तु वास्तव मे अपनी लोकप्रियता और अधिक व्यवहार के कारण अम्लीय परिवर्तक और क्षारीय विवृत तंदूर के योग को ही द्वैध विधि कहा जाता है। इस्पात का पुंजोत्पादन बढाने में द्वैधन बहुत सहायक सिद्ध होता है।

सीधी विवृत तदूर विधि द्वारा इस्पात-उत्पादन की गति बहुत धीमी होती है। सामान्यतः प्रति सप्ताह एक फर्नेस मे इस्पात के पन्द्रह तापन बनाये जाते है। इसके विपरीत बैसेमर परिवर्तक मे उत्पादन की गति द्रुत रहती है। यह अन्तर दोनों विधियो मे आक्सीकरण के वेग की भिन्नता के कारण होता है। विवृत तदूर विधि मे आक्सीकरण लोह आक्साइड और फर्नेस गैसों द्वारा होता है। धातु कुंभ की सतह पर आक्सीजन पहुँचने की गति धीमी होती है क्योकि उसे मल की परत से विसरित होना पड़ता है। बैसेमर परिवर्तक में धमन के कारण आक्सीकरण की गति तीव्र रहती है।

द्वैधन मे दोनो विधियो का योग कर इस्पात का उत्पादन बढाया जाता है। पिग लोह मे विद्यमान सिलिकन, मैंगनीज और अधिकांश कार्बन की मात्रा को अम्लीय बैसेमर परिवर्तक में आक्सीकृत किया जाता है और फिर फास्फोरस की मात्रा कम करने और कार्बन की मात्रा का समंजन करने के लिए क्षारीय विवृत तंदूर फर्नेस का उपयोग किया जाता

है। इस प्रकार इस्पात-उत्पादन की गति सीधी तंदूर विधि की तुलना में दुगुनी से अधिक हो जाती है। तंदूर फर्नेस में केवल फास्फोरस का निष्कासन और इस्पात के समापित समास का नियन्त्रण करना रह जाता है। इस प्रकार समय की बचत होती है, ईंधन का व्यय कम हो जाता है और प्रति फर्नेस उत्पादन में बहुत वृद्धि हो जाती है। पिग लोह के अधिकाश सिलिकन का आक्सीकरण परिवर्तक में हो जाने के कारण, क्षारीय तंदूर फर्नेस मे अम्लीय पदार्थ कम हो जाते हैं, जिससे तंदूर और किनारों का संक्षय कम होता है और अग्निरोधक अस्तर का जीवन बढ जाता है। द्वैध विधि में इस्पात क्षेप्य की कोई आवश्यकता नही पडती। सामान्य तंदूर विधियों मे पिग लोह मे विद्यमान अशुद्धियो को तनु करने के लिए क्षेप्य आवश्यक है, अन्यथा विधि की कार्य-अवधि बहुत बढ जाती है जो आर्थिक दृष्टि से अवांछनीय है।

द्वैधन के दोषो की विवेचना करना भी आवश्यक है। बैसेमर परिवर्तकों और विवृत तंदूर फर्नेसों का संयुक्त संस्थापन व्यय बहुत अधिक होता है। द्वैधन मे प्रयुक्त तंदूर फर्नेसे बहुधा अभ्यानम्य[1] होती है। इस विधि मे प्रधान लक्ष्य पुजोत्पादन होने के कारण, इस्पात की अर्हता पर समुचित नियन्त्रण करना कठिन होता है। इस कारण द्वैध इस्पात अनेक उपयोगों के लिए उपयुक्त नही माने जाते। व्यावसायिक रूप से छडें, पट्ट, चद्दर इत्यादि बनाने में द्वैध इस्पातो का व्यवहार किया जाता है। सामान्यतः द्वैध विधि में इस्पात क्षेप्य की खपत नहीं की जाती। अभ्यानम्य फर्नेसों की निष्पत्ति और उत्पादन गति क्षेप्य के उपयोग से बहुत कम हो जाती है।

विधि

विवृत तंदूर फर्नेस मे त्रोटन के बाद इस्पात और मल का कुंभ बच रहता

१. Tilting

है। २०० टन धारिता वाली फर्नेस मे लगभग २०–२५ टन धातु और ७–१० टन मल रखा जाता है। इस समय फर्नेस के किनारों का निरीक्षण कर डोलोमाइट से मरम्मत की जाती है। चूना, मिल स्केल इत्यादि डालकर उपयुक्त मल बनाया जाता है जो शोघ्रता से नि.स्फुरण करता है। अब परिवर्त्तक से धमित धातु लाकर डाली जाती है। अति क्षारीय और आक्सीकृत मल के सम्पर्क मे आते ही धातु से फास्फोरस निष्कासित होकर कैलसियम फास्फेट के रूप में मल मे मिल जाता है। बीच बीच में चूना और मिल स्केल डालकर मल को उचित दशा में रखा जाता है। यह अत्यन्त आवश्यक है, कारण कि धातु का नि.स्फुरण इसी पर अवलंबित रहता है। कार्बन की मात्रा बढ़ाने के लिए अधिक कार्बन प्रतिशतता वाले धमन डाले जाते हैं। आक्सीकृत मल के सम्पर्क मे आते ही कार्बन और आक्सीजन की प्रक्रिया से कार्बन मोनाक्साइड बनती है। इससे कुभ में उग्र उबाल आता है, गैसों के साथ मिश्रित होकर मल का आयतन बढ जाता है और वह फर्नेस के मध्य द्वार से बाहर निकलने लगता है। इस समय फर्नेस को थोडा आगे झुका दिया जाता है जिससे फास्फोरस युक्त मल सरलता से बाहर बह सके। मल द्वार मे से बहकर नीचे रखे मलपात्र में गिर जाता है। इस प्रकार फास्फोरस युक्त अधिकाश मल बाहर निकल जाता है।

कार्बन का आक्सीकरण समाप्त होने पर उबाल क्रमश: शान्त हो जाता है। इस समय कुंभ मे कार्बन की मात्रा देखी जाती है। न्यादर्श[1] को तोड़कर भंग[2] के निरीक्षण से कार्बन का अदाज किया जाता है और प्रयोगशाला में कार्बन का सही पता लगाने के लिए विश्लेषण किया जाता है। कार्बन के आक्सीकरण के साथ फास्फोरस की मात्रा में कमी होना आवश्यक है। अच्छी कार्य-प्रणाली में कार्बन की उचित प्रतिशतता प्राप्त होने के पूर्व ही फास्फोरस की मात्रा मे यथेष्ट कमी हो जाती है। ऐसा न

१. Sample   २. Fracture

होने पर निःस्फुरण करने में आक्सीकरण से कार्बन की मात्रा कम हो जाती है। द्वैध विधि मे सिलिकन, मैंगनीज़ और अधिकाश कार्बन का आक्सीकरण अम्लीय बैसेमर परिवर्तक मे हो जाता है, जिससे क्षारीय तंदूर फर्नेस का धातुकीय भार कम हो जाता है। इसी कारण इस्पात के पुजोत्पादन की गति बढ जाती है।

तंदूर इस्पातो की तुलना मे द्वैध इस्पात मे विलयिन नाइट्रोजन की मात्रा अधिक रहती है। इस कारण द्वैध इस्पात अनेक उपयोगो के लिए अनुपयुक्त माने जाते है। नीचे विभिन्न प्रकार के इस्पातों में विद्यमान नाइट्रोजन की औसत प्रतिशतता दी गयी है—

इस्पात का प्रकार	औसत नाइट्रोजन प्रतिशतता
बैसेमर इस्पात	० ०१२—० ०२०%
द्वैध इस्पात	०.००५—० ००८%
क्षारीय तंदूर इस्पात	० ००४—०.००६%

साधारण उत्पादन के लिए द्वैध विधि मे कार्बन की प्रारंभिक मात्रा समापित इस्पात से लगभग ४० अक (० ४० प्रतिशत) अधिक रखी जाती है। विशेष इस्पातो, जैसे गुरु उद्रेखन के उपयुक्त इस्पातो के उत्पादन के लिए प्रारभिक कार्बन की मात्रा और अधिक रखी जाती है, जिससे कुंभ मे क्वथन की अवधि बढ जाती है और विलयित नाइट्रोजन की मात्रा में यथेष्ट कमी हो जाती है। तापन की कार्यप्रणाली लगभग सीधी क्षारीय तंदूर विधि के समान ही होती है। कार्बन और फास्फोरस की मात्रा तथा ताप ठीक हो जाने पर फर्नेस को झुकाकर इस्पात त्रोटित किया जाता है। फर्नेस को झुकाने से मल त्रोटन छिद्र के ऊपर चला जाता है और नीचे से बहकर धातु लेडिल में गिरती है। इस प्रकार लेडिल मे आनेवाली मल की मात्रा कम होने से मल और इस्पात में होनेवाली प्रक्रिया भी घट जाती है। अनाक्सी-कारक और पुनर्कार्बनक पदार्थ, जैसे लोह सिलिकन, लोह मैंगनीज इत्यादि लेडिल में डाले जाते है।

सावधानी से बनाये गये द्वैध इस्पात की अर्हता तंदूर इस्पात के समकक्ष बनायी जा सकती है। वास्तव में दोनों विधियों से इस्पात का कार्यन, शोधन और समाप्ति प्रणाली लगभग समान होती है। इस कारण आजकल द्वैध इस्पातो का उपयोग बहुत बढ गया है। इस्पात क्षेप्य की कमो और उपलब्ध क्षेप्य मे गंधक तथा अन्य अवाछनीय मेलीय तत्त्वों की उपस्थिति के कारण सीधी क्षारीय विवृत तंदूर विधि की तुलना में द्वैध विधि के लोकप्रिय होने की अधिक संभावना है। भारत में अधिकाश सामान्य इस्पातो का उत्पादन द्वैध विधि द्वारा किया जाता है।

त्रैध विधि

द्वैधन के समान ही इस्पात उत्पादन के लिए किन्ही तीन विधियों के योग को त्रैधन कहते है। त्रैधन का सीमित उपयोग निम्नलिखित कारणों से किया जाता है—

(१) अधिक पिग लोह प्रतिशत वाले प्रभार से उच्च अर्हता या मेलीय इस्पातो का उत्पादन—इस विधि में पिग लोह का आशिक शोधन अम्लीय बैसेमर परिवर्तक मे किया जाता है। इस प्रकार सिलिकन, मैंगनीज़ और कार्बन का आंशिक आक्सीकरण किया जाता है। धमित धातु को क्षारीय तंदूर फर्नेस मे कार्यित कर फास्फोरस का निष्कासन किया जाता है और इस्पात के समास को प्रतिमान के अनुरूप समंजित किया जाता है। अब शोधित धातु को क्षारीय विद्युत चाप फर्नेस मे प्रभरित कर विशोधित किया जाता है और निश्चित मात्रा मे मेलीय तत्त्व मिलाये जाते है। इस प्रकार पिग लोह से मेल इस्पातों का उत्पादन करने के लिए अम्लीय बैसेमर परिवर्तक, क्षारीय तंदूर फर्नेस और क्षारीय विद्युत चाप फर्नेस का योग किया जाता है।

(२) अधिक फास्फोरस युक्त पिग लोह का शोधन—पिग लोह मे फास्फोरस प्रतिशत ०.८% से अधिक होने पर लेडिल में अधिक फास्फोरस-युक्त मल के साथ सम्पर्क होने के कारण इस्पात के पुन स्फुरण की संभावना

अधिक रहती है। इस प्रवृत्ति को कम करने के लिए अम्लीय परिवर्तक मे धमित धातु को अभ्यानम्य क्षारीय तंदूर फर्नेस में कार्यित कर फास्फोरस की मात्रा ० ०७ से ०.१ तक घटा दी जाती है। तापन को त्रोटित कर अधिकाश फास्फोरसयुक्त मल को अलग कर दिया जाता है और फिर दूसरी क्षारीय तदूर फर्नेस मे फास्फोरस की मात्रा यथेष्ट रूप मे घटायी जाती है। इसके लिए पहली क्षारीय तदूर फर्नेस का उपयोग भी किया जा सकता है।

(३) विशेषिका[१] मे अम्लीय इस्पातो का उपयोग—कुछ वर्ष पूर्व तक रेलगाड़ियों के चाकों, धुरी और टायरों के लिए अम्लीय इस्पातों का उपयोग निर्देशित था। इस कारण क्षारीय तंदूर फर्नेस से प्राप्त शोधित इस्पातो को अम्लीय तंदूर फर्नेस मे डालकर कार्बन का अंतिम समंजन किया जाता था। इस प्रकार अम्लीय बैसेमर परिवर्तक, क्षारीय तंदूर और अम्लीय तंदूर फर्नेसो के योग से त्रैध इस्पात बनाया जाता था। अब इसे अनावश्यक मानकर बन्द कर दिया गया है।

तीन प्रकार की फर्नेसो के संस्थापन और संधारण व्यय, गलित इस्पात को एक से दूसरी फर्नेस तक ले जाने और प्रभरण में कठिनाई और ऊष्मा की हानि के कारण, विशिष्ट दशाओं के अतिरिक्त, त्रैधन लोकप्रिय और आर्थिक दृष्टि से लाभदायक नही हो सका है। साथ ही परिवर्तक में धमित धातु को सीधे क्षारीय विद्युत चाप फर्नेस में डालकर उत्तम अर्हता वाले इस्पातों का उत्पादन किया जा सकता है। इस प्रकार त्रैधन की अनावश्यकता स्पष्ट हो जाती है।

१. Specifications

अध्याय १३

इस्पात पिंडकों का उत्पादन

विभिन्न आधुनिक विधियो द्वारा उत्पादित इस्पात द्रव दशा में प्राप्त होता है। विद्युत फर्नेसो का एक तापन लगभग ४ टन, बैसेमर परिवर्तक का लगभग २५ टन और विवृत तंदूर फर्नेसो का लगभग २५० टन का होता है। फर्नेसो की धातु-धारिता के अनुसार द्रव इस्पात की उपलब्ध मात्रा बहुत बदल सकती है। उदाहरणार्थ आधुनिक बडी विद्युत चाप फर्नेसो के एक तापन मे १०० टन इस्पात बनाया जाता है।

गलित इस्पात की कुछ मात्रा रेत के बने मोल्डो मे डालकर उपयुक्त आकार वाले इस्पात सवपनो[१] का उत्पादन किया जाता है। इष्ट आकार पहले से ही रेत मे बना लिये जाते है। इस प्रकार बनाये गये इस्पात संवपनो का समधिक यान्त्रिक आकारन आवश्यक नही होता। बाजू धमित परिवर्त्तक और विद्युत चाप विधियाँ इसके लिए अधिक लोकप्रिय हुई है। इस सबध में हम पिछले अध्यायो मे विस्तारपूर्वक चर्चा कर चुके हैं।

अधिकांश उत्पादित इस्पात विभिन्न यात्रिक क्रियाओं द्वारा आकारित होने के लिए बीड के मोल्डों मे ढाला जाता है। इस प्रकार इस्पात के पिंडक या सिलें प्राप्त होती हैं। इन पिंडकों को गरम कर बेलित किया जाता है या तापकुट्टन द्वारा विभिन्न आकार बनाये जाते है। इस्पात को आका-

१. Castıng

रित करनेवाली विभिन्न यांत्रिक विधियो और उनके सिद्धातो की चर्चा हम अगले अध्याय मे करेगे।

अवपातन प्रविधि

विभिन्न विधियो द्वारा अच्छे इस्पातो के उत्पादन के लिए आवश्यक घटको की चर्चा हम पिछले अध्यायो में कर चुके है। फर्नेस प्रकार्य मे इन बातों पर सावधानीपूर्वक ध्यान देकर अच्छे इस्पातो का उत्पादन किया जाता है। द्रव इस्पात को मोल्डो मे प्रपूरित कर इन्गटो का उत्पादन करने के लिए उसे लेडिल मे त्रोटित किया जाता है। इस्पात संयन्त्रो का यह खड अवपातक[1] कहलाता है। यहाँ के उपक्रमो पर उचित ध्यान न देने से फर्नेस मे बने अच्छे इस्पात का सर्वनाश हो सकता है। इस्पात का त्रोटन, अनाक्सीकरण और पुनर्कार्बिनन, प्रपूरण, इन्गटो का संपीडन इत्यादि अत्यन्त सावधानीपूर्वक किये जाने चाहिए। इसके लिए श्रेष्ठ धातुकीय ज्ञान और अनुभव की आवश्यकता पडती है।

इस्पात का त्रोटन करने के पूर्व उसके रासायनिक समास का नियमन[2] फर्नेस मे कर लिया जाता है। हानिकर अशुद्धियो का निष्कासन होने और कार्बन की इष्ट मात्रा आने के बाद धातु का त्रोटन किया जाता है। त्रोटन मे धातु लेडिलो में गिरायी जाती है। विवृत तंदूर फर्नेस मे त्रोटन छिद्र खोलने से, इस्पात त्रोटन ओष्ठ मे बहकर लेडिल मे गिरता है। त्रोटन ओष्ठ और लेडिल मे अग्निरोधक अस्तर लगाया जाता है और धातु का अभिशीतन बचाने के लिए उन्हे भली प्रकार सुखाया और गरम किया जाता है। त्रोटन ओष्ठ और लेडिल में लगे अग्निरोधकों के टुकड़े निकलकर इस्पात की स्वच्छता का नाश कर सकते है। इसे रोकना आवश्यक है।

१. Pitside

२. Regulation

त्रोटन मे गलित इस्पात का उग्र विलोडन होता है और त्रोटन ओष्ठ में प्रवाहित और लेडिल मे गिरते समय वायु से उसका खुला संपर्क होने के कारण अनियंत्रित आक्सीकरण और मल के साथ मिश्रण होता है। त्रोटन के समय धातु का ताप बहुत महत्त्वपूर्ण है। कम ताप होने से लेडिल में डाले गये लोह मेल एकरस नही होगे और प्रपूरण के पूर्व ही इस्पात लेडिल मे संपिंडित होने लगेगा। इस प्रकार इस्पात की समागता और लब्धि बहुत घट जायगी। त्रोटन ताप अधिक होने पर धातु उग्र रहेगी, लेडिल के अस्तर का संक्षय बढ़ेगा, प्रपूरण मे दरारदार इन्गटें प्राप्त होगी और उनको ठंडा करने मे अधिक समय लगेगा। इस्पात की त्रोटन गति और प्रवाह की प्रकृति भी कम महत्त्वपूर्ण नही है। त्रोटन की गति तीव्र होने पर लेडिल मे लोह मेल डालने के लिए पर्याप्त समय नही मिलता। इसके विपरीत धीरे-धीरे त्रोटन करने से व्यर्थ मे धातु अभिशीतित[१] होती है।

त्रोटन में इस्पात को घुमावदार गति देने के लिए लेडिल को धारा के मध्य से १५-२० इंच हटाकर रखा जाता है। इस प्रकार इस्पात की धारा विराम दड पर नही गिरती और इस्पात के प्रक्षोभ[२] से लेडिल मे डाले गये मेलीय पदार्थ भली प्रकार मिल जाते है। साथ ही अधातुकीय अशुद्धियों और मल कणों की सतह पर उठकर मल मे मिलने की सुविधा बढ़ जाती है।

इस्पात का अनाक्सीकरण

इस्पात उत्पादन के मूल सिद्धान्तों की चर्चा करते समय यह स्पष्ट किया गया था कि पिग लोह में विद्यमान कार्बन, मैंगनीज, सिलिकन, फास्फोरस और गंधक की मात्रा में समुचित कमी करना आवश्यक है। गंधक

१. Chilled
२. Agitation

के सिवाय अन्य सभी तत्वो को आक्सीकृत कर उनकी मात्रा घटायी जाती है। इसलिए धातु कुंभ का आक्सीकरण किया जाता है। अशुद्धियों के आक्सीकरण के साथ धातु में विलयित आक्सीजन की मात्रा अधिक हो जाती है। इसे नियंत्रित करना निम्नलिखित कारणों से आवश्यक है—

(१) कुंभ मे विलयित आक्सीजन की मात्रा अधिक होने से कार्बन प्रतिशतता पर नियंत्रण रखना कठिन हो जाता है। इस्पात के संपिंडन मे कार्बन और आक्सीजन की प्रक्रिया से कार्बन मोनाक्साइड गैस बनती है। इससे इस्पात मे धमन छिद्रों की संभावना बढ जाती है और संपिंडन में उग्र प्रधि क्रिया[1] होने लगती है।

(२) अधिक आक्सीजन होने से डाले गये मेलीय तत्वों के आक्सीकरण पर कोई नियंत्रण नही रहता। उनकी अधिक मात्रा की हानि होती है और इस्पात के समापित समास के विषय में कोई निश्चितता नही रहती।

(३) इस्पात मे विलयित आक्सीजन विभिन्न आक्साइडें बनाती हैं। इनसे इस्पात की स्वच्छता नष्ट होती है और समापित इस्पात के गुणों (जैसे कार्यन, तन्यता, यव परिमा,[2] यान्त्रिक शक्ति की दिशा इत्यादि) पर व्यापक असर होता है।

(४) इस्पात में अनाक्सीकारक पदार्थों की उचित मात्रा डालकर भिन्न-भिन्न प्रकार के (जैसे हत,[3] अर्धहत[4] और प्रधि) इस्पातों का उत्पादन किया जाता है। इस्पात पिंडक की रचिति का नियंत्रण करने के के लिए यह आवश्यक है।

१. Rim action २ Grain size
३. Killed
४. Semi-killed

अनाक्सीकरण और इन्गट (पिंडक) की रचिति

गलित इस्पातो के संपिंडन में ०.०८ से ०.९ % सैं० मे २.१८ से २.४७ प्रतिशत आकुंचन होता है। गलित इस्पात सबसे पहले मोल्ड की दीवारो के सम्पर्क मे आता है। यहाँ से सपिंडन प्रारभ होकर भीतर बढ़ता है। सपिडक्र के फलस्वरूप हुए आकुंचन को पूरा करने के लिए मोल्ड के ऊपरी भाग से गलित धातु खिच आती है और मोल्ड के ऊपर मध्य का स्थान रिक्त रह जाता है। इसे 'पाइप' कहते हैं। यह प्रवृत्ति पूर्ण हत इस्पात पिंडकों में अधिकतम होती है। पूर्ण अनाक्सीकरण के फलस्वरूप सपिंडन में कार्बन मोनाक्साइड का निकास न होने के कारण धमन छिद्र नही बनते और पाइप की परिमा अधिकतम रहती है। इन्गट के पाइप वाले हिस्से को काटकर अलग करना पड़ता है। हत इस्पातो का उत्पादन करने के लिए अनाक्सीकर पदार्थों की पर्याप्त मात्रा डालकर अवशिष्ट आक्सीजन प्रतिशतता इतनी कम कर दी जाती है कि संपिंडन मे कार्बन मोनाक्साइड का बिल्कुल निकास न हो। हानित पिंडको मे निर्दोष इस्पात की लब्धि लगभग ७७ प्रतिशत होती है।

इस्पात में अवशिष्ट आक्सीजन की मात्रा अधिक होने पर CO गैस के निकास से इस्पात का सम्पूर्ण आयतन बढ़ जाता है और आकुचन[१] कोटर[२] की परिमा घट जाती है। इस्पात की काय में CO गैस पाशित होने से धमन छिद्र बन जाते हैं। इस प्रकार पिडक का अन्तिम आयतन धमन छिद्रों और आकुंचन कोटर के योग पर निर्भर रहता है। अर्ध-हत इस्पातों के उत्पादन मे विलयित आक्सीजन की मात्रा का नियंत्रण इस प्रकार किया जाता है कि पिंडक का शीर्ष लगभग समतल रहता है और पाइप की परिमा छोटी हो जाती है। इस प्रकार पिंडक्र का काटकर अलग

१. Shrinkage

२. Cavity

करने योग्य हिस्सा कम होकर, धातु की लिब्ध लगभग ८८ प्रतिशत हो जाती है।

प्रधि (r.m) इस्पातों में CO के निकास से असंख्य छोटे छोटे अधस्तल धमन छिद्र बनते हैं, जिससे पिंडक में सपिंडन के समय होनेवाला आकुंचन बिल्कुल मिटकर, पिंडक का आयतन बढ़ जाता है। इन इन्गटो मे पाइप नही वनता, केवल इन्गट के शीर्ष का थोड़ा भाग स्पजी रहता है। प्रधि इस्पातो के उत्पादन में धातुकीय लब्धि लगभग ८५% होती है।

भिन्न प्रकार के इस्पातों का चुनाव करते समय निम्नलिखित घटकों पर विचार किया जाता है—

(१) समापित इस्पात का रासायनिक विश्लेषण

प्रधि इस्पातों का उत्पादन करते समय कार्बन प्रतिशतता ०.२५% और मैंगनीज प्रतिशता ०.६ % से कम रखी जाती है। कार्बन और मैंग-नीज की मात्रा अधिक होने पर विलयित आक्सीजन की मात्रा कम होने के कारण प्रधि क्रिया शिथिल हो जाती है।

(२) उत्पादों की प्रकृति

इस्पात के सपिंडन में गैसो का अभाव होने के कारण पूर्ण हत इस्पातों का संपिंडन शान्त होता है। इनमे धमन छिद्र नही होते, पाइप की परिमा अधिकतम होती है और अशुद्धियो का एकत्रन कम होता है। पाइप वाले हिस्से को छोडकर इन्गट का अन्य भाग दोषों से मुक्त रहता है। इन इस्पातों का उपयोग तापकुहन और अन्य ऐसे अवयवों के निर्माण मे होता है, जिन्हे सेवाकाल में कठिन भार और तनावो का सामना करना पडता है।

प्रधि इस्पातों के उत्पादन मे गैसों का अधिकतम निकास होने के कारण अशुद्धियों का एकत्रन सर्वाधिक होता है। प्रधि इन्गटो का तल अच्छा होने के कारण चद्दर, स्केल्प इत्यादि के उत्पादन मे इन्हें पसंद किया जाता है।

(३) मिल वृत्ति और उपलब्ध प्रसाधन

पिंडकों को बेलित करते समय उनकी काय में स्थित अनाक्सीकृत धमन छिद्र दबाव के कारण संमुद्रित हो जाते हैं। बड़े पिंडकों को बेलित कर अर्ध हत इस्पात में विद्यमान धमन छिद्रो को संमुद्रित करते हुए दोषरहित समापित उत्पाद निर्मित किये जा सकते है। यदि बड़ी रोलिंग (बेलन) मिल की सुविधा न हो, तब इन उत्पादो का निर्माण करने के लिए दोष-रहित पूर्ण हत इस्पातो का उपयोग करना पड़ेगा।

(४) धातुकीय लब्धि और आर्थिक लाभ

धातुकीय लब्धि अनेक घटको पर अवलंबित रहती है। मेलीय इस्पातों के उत्पादन में अवशिष्ट आक्सीजन के कारण मेलीय तत्त्वों की हानि बढ़ जाती है। पूर्ण हत इस्पातों मे आकुंचन कोटर अधिकतम रहने से धातुकीय लब्धि निम्नतम (७७%) रहती है। प्रधि इस्पातों में एकत्रन दोष के साथ ऊपर के स्पंजी शीर्ष को काटकर अलग करना पड़ता है। इनकी धातुकीय लब्धि लगभग ८५ % रहती है। अर्ध हत इस्पातों में अशुद्धियो का एकत्रन पूर्ण हत इस्पातों की तुलना में अधिक परन्तु प्रधि इस्पातो की अपेक्षा बहुत कम रहता है। छोटा पाइप होने के कारण धातुकीय लब्धि लगभग ८८ प्रतिशत होती है। उपर्युक्त कारणो से इस्पात के व्यावसायिक उत्पादन का अधिकांश भाग अर्ध हत इन्गटों के रूप में ही निर्मित होता है।

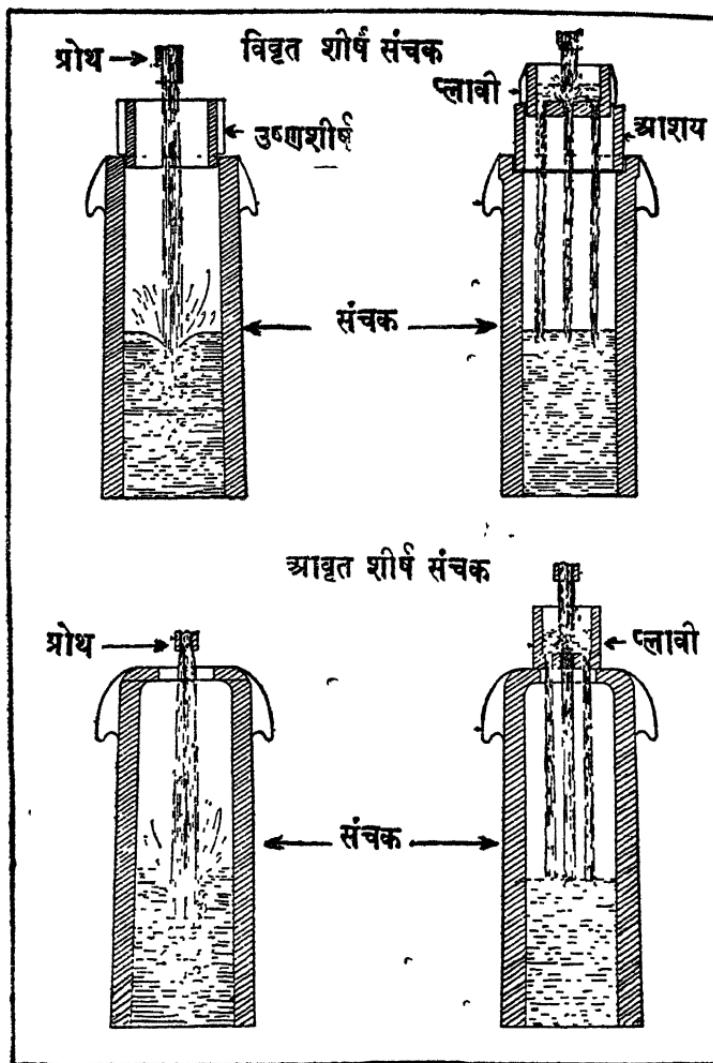
अनाक्सीकरण प्रविधि

इस्पात का अनाक्सीकरण करने के लिए अनेक लोह मेल उपयोग में लाये जाते हैं। इन पदार्थों का रासायनिक विश्लेषण अध्याय ४ में दिया गया है। इनमें से लोह मैंगनीज, लोह सिलिकन और स्पीजेल का उपयोग अधिक किया जाता है। इस्पात में मेलीय तत्त्वों का समावेश करने के लिए

लोह क्रोमियम, लोह वेनेडियम इत्यादि लोह मेल डाले जाते हैं। लेडिल मे पर्याप्त धातु गिर जाने पर लोह मेल डाले जाते हैं, जिससे धातु मसनद का काम करे। लोह मेलो को इस्पात के साथ एकरस होने और अनाक्सीकरण उत्पादों को धातु की सतह तक उठकर मल में मिलने के लिए पर्याप्त समय दिया जाता है। जब कभी लेडिल मे डाले गये धातुमेलों की मात्रा बहुत अधिक होती है, जैसे ट्रासफार्मर श्रेणी के उच्च सिलिकन इस्पात के उत्पादन मे[1] तब समागता लाने के लिए इस्पात को एक से दूसरी लेडिल मे उडेला जाता है।

त्रोटन[1] में मल और इस्पात का मिश्रण होने के कारण क्षारीय विधियों द्वारा उत्पादित इस्पातों मे पुन.फास्फरन की आशंका बनी रहती है। यह प्रवृत्ति अनाक्सीकरण के समय बढ जाती है, कारण कि इस समय मल का आक्सीजन विभव घट जाता है। इस प्रवृत्ति को रोकने के लिए अधिक से अधिक क्षारीय मल को फर्नेस मे रोक रखने का प्रयत्न किया जाता है तथा लेडिल में आये मल को गाढ़ा और अभिशीतित करने के लिए चूना डाला जाता है।

अनाक्सीकरण के लिए एक से अधिक लोह मेलो का व्यवहार किया जाता है। सिलिकन के साथ आक्सीजन की प्रक्रिया से सिलिका (SiO_2) बनता है तथा मैंगनीज के साथ प्रक्रिया से मैंगनीज आक्साइड (MnO) बनती है। ये दोनो अनाक्सीकरण उत्पाद सुगलनीय नहीं है परन्तु इनकी प्रक्रिया से $MnO.SiO_2$ बनता है जो द्रवित होकर शीघ्रता से धातु की सतह पर आकर मल मे मिल जाता है। अनाक्सीकरण के लिए वे ही तत्व उपयोग में लाये जाते है, जिनकी लोह की तुलना मे आक्सीजन से अधिक बंधुता हो। धातु के सम्पर्क मे आकर ये तत्त्व आक्सीकृत हो जाते है और इस प्रकार इस्पात का आक्सीजन-आधेय[2] कम हो जाता है। एल्यूमिनियम द्वारा

१. Tapping २ Content

चित्र ५५—बीड मोल्डों में इस्पात का शीर्ष प्रपूरण

अनाक्सीकरण करने से उसकी आक्साइड एल्यूमिना बनती है। यदि धातु के अनाक्सीकरण के समय उपयुक्त Si/Al अनुपात रखा जाय तो स्वच्छ इस्पात मिलता है। सिलिकन की मात्रा कम होने पर एल्यूमिना के कण सरलता से ऊपर नही उठ पाते, जिसके कारण इस्पात की गंदगी बढ जाती है। एक से अधिक अनाक्सीकारक पदार्थों का उपयोग करने से इस्पात की स्वच्छता बनी रहती है और अनाक्सीकरण की निष्पत्ति बढ जाती है।

इस्पात का प्रपूरण (Teeming)

लेडिल मे इस्पात का अनाक्सीकरण करने और उसके फलस्वरूप प्राप्त उत्पादो को ऊपर उठने के लिए पर्याप्त समय बीतने के बाद बीड के बने मोल्डो मे इस्पात का प्रपूरण किया जाता है। प्रपूरण के लिए निम्न-लिखित दो पद्धतियाँ प्रयुक्त होती है—

(१) शीर्ष प्रपूरण पद्धति

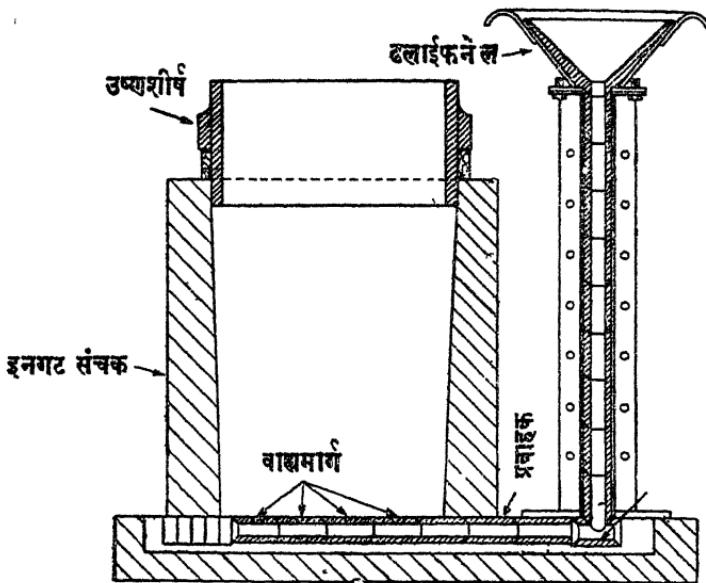
(२) नितल प्रपूरण पद्धति

शीर्ष प्रपूरण पद्धति

बीड़ के बने मोल्डो मे धातु उसी प्रकार भरी जाती है जिस प्रकार कि एक कप भरा जाता है (चित्र ५५)। मोल्ड भर जाने के बाद इस्पात का गिराना बंद कर दिया जाता है और अगला मोल्ड भरना प्रारभ किया जाता है। कम संस्थापन व्यय, अवपातन कार्य और सुविधाजनक होने के कारण अधिकांश व्यावसायिक इस्पातो का शीर्ष प्रपूरण किया जाता है।

नितल प्रपूरण पद्धति

इसे 'ऊर्ध्वग प्रपूरण' भी कहते हैं। गलित इस्पात केन्द्रीय तुरही में डाला जाता है जहाँ से वह नलिकाओ में प्रवाहित हो विभिन्न मोल्डों में ऊपर उठता है। इसी कारण यह ऊर्ध्वग प्रपूरण पद्धति कहलाती है (चित्र ५६)।

शीर्ष प्रपूरण की तुलना में यह पद्धति अधिक संकुल (जटिल) होती है, परन्तु पहली पद्धति की तुलना में इसके अनेक लाभ हैं—

चित्र ५६—इस्पात के नितल प्रपूरण की विधि

(१) शीर्ष प्रपूरण मे, धातु मोल्ड के नितल मे गिरते ही उसके छीट उछलकर मोल्ड की अपेक्षाकृत शीतल दीवारो के संपर्क मे आते है। वे वहाँ आक्सीकृत और संपिडित होकर चिपक जाते है। मोल्ड मे धातु भरने पर ये पूर्णत: गलित नही होते और इस प्रकार इन्गट के तल को रूखा और असम बनाते है। इस्पात के कार्यन में ये सतह दोषो के रूप मे उत्पादों में प्रकट होते है। नितल प्रपूरण मे यह न होने के कारण इन्गट (पिडक) और उत्पादो की सतह सम रहती है।

(२) नितल प्रपूरण मे इस्पात धीरे-धीरे मोल्डों में ऊपर उठता है जिसके कारण मोल्डो में इस्पात के तल का उठाव शान्त रहता है और इन्गट की सतह सम बनाता है। शीर्ष प्रपूरण मे उग्र गति के कारण यह नही होता।

(३) नितल प्रपूरण में चार, छै या आठ मोल्डों में ढलाई एक साथ होती है, जिससे विराम दंड को बार-बार नही उठाना पड़ता। प्रपूरण में प्रोथ[1] और विराम दंड चिपक जाने या विफल हो जाने से बहुत कठिनाई तथा इस्पात की हानि होती है। नितल प्रपूरण में प्रोथ का व्यास अधिक रखकर ढलाई शीघ्रता से समाप्त की जा सकती है। प्रपूरण के समय एक समूह मे गिरनेवाले इस्पात का ताप स्थिर रहता है। शीर्ष प्रपूरित पहले और आखिरी मोल्ड मे गिराये गये इस्पात के ताप मे अधिक भिन्नता आ जाती है।

(४) तुरही से बहकर इस्पात घुमावदार गति से मोल्डो मे ऊपर उठता है, जिससे कोई भी बाहरी अन्तर्भूत सरलता से सतह पर आ जाता है।

नितल प्रपूरण की कमियाँ

(१) नितल प्रपूरण प्रसाधनों का संस्थापन-व्यय अधिक होता है।

(२) पिंडको की ढलाई के पूर्व का अवपातन कार्य अधिक होता है।

(३) इस्पात का ताप अधिक होने पर केन्द्रीय तुरही से मोल्डों को जोड़नेवाली अग्निरोधक नलिकाएँ संक्षत हो जाती है। इस कारण इस्पात मे बाहरी अंतर्भूत समाविष्ट होकर उसकी स्वच्छता को नष्ट कर देते है। कभी कभी नलिकाओ से इस्पात वह निकलता है।

(४) मोल्ड ऊपर चौडे होने के कारण पिडक का अपखडन[2] अधिक कठिन होता है।

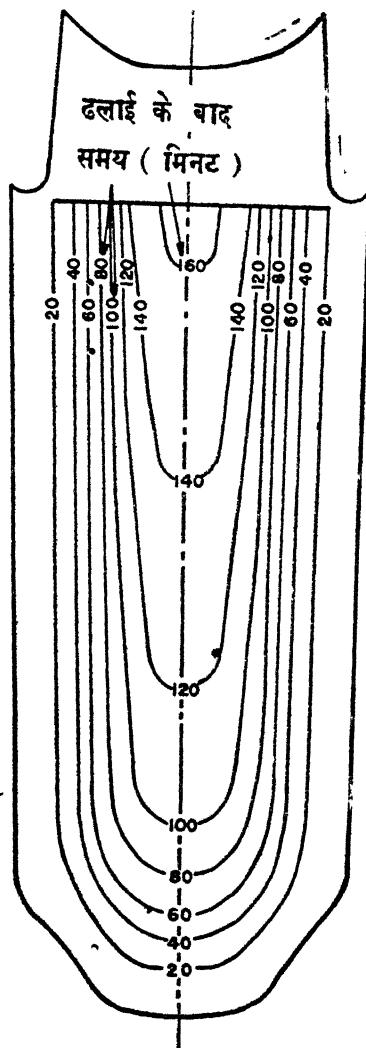
इन सभी कारणों से व्यावसायिक इस्पातो के उत्पादन मे शीर्ष प्रपूरण का अधिक उपयोग किया जाता है। धातु का सेचन[3] कम करने के लिए

१. Nozzle तुंड २. Stripping ३. Sprinkling

अग्निरोधक अस्तरवाले पात्र का व्यवहार किया जाता है, जिसे 'टंडिश' कहते है। इसे मोल्ड के ऊपर रख दिया जाता है और मोल्ड मे गिरने के पहले लेडिल से धातु टडिश मे गिरती है। इस प्रकार इस्पात की प्रवाह गति कम हो जाने से इस्पात का सेचन कम हो जाता है। कभी कभी टंडिश मे दो प्रोथ होते है, जिनसे दो मोल्डो में एक साथ प्रपूरण होता है। संचन के प्रभाव को कम करने के लिए मोल्डो की भीतरी सतह तारकोल से पोत दी जाती है। इससे उछले इस्पात के कणो का आक्सीकरण और चिपकना कम हो जाता है, परन्तु इस्पात की सतह पर कार्बन की मात्रा बढ जाती है। इस्पात का सफल, सुविधाजनक और लाभदायक प्रपूरण भविष्य मे धातुविज्ञों के लिए सक्षम चुनौती है।

प्रपूरण मे पहले लगभग चौथाई प्रोथ खोला जाता है। मोल्ड मे ६-८ इंच गहराई का धातु पल्वल बन जाने के बाद, प्रोथ को पूरा खोला जाता है। इस प्रकार सेचन कम होता है, कारण कि मोल्ड मे धातु का पल्वल मसनद का काम करता है। प्रपूरण में मोल्ड यदि शीतल हो तो उसकी भीतरी सतह धातु के छीटो के चिपकने से रूखी और गढ़ेदार हो जाती है। इस प्रकार मोल्ड का जीवन कम हो जाता है। मोल्ड का ताप अधिक होने पर संपिडन की गति कम हो जाने से अशुद्धियों का एकत्रन बढ जाता है। दूसरी ढलाई मे मोल्डो को ९०° घुमा दिया जाता है। इससे उनका उपयोगी जीवन बढ जाता है। दो मोल्डो के आमने सामने वाले फलको मे ताप का निष्कासन अन्य दो फलको की तुलना में कम होने से, उनका विवर्षण और दारण अधिक होता है।

मोल्डों में इस्पात का संपिंडन

मोल्ड मे इस्पात का ढलन होते ही अपेक्षाकृत शीतल बीड की दीवारो से सम्पर्क होता है और इस्पात की एक परत अभिशीतित हो जाती है। मोल्ड की मोटी दीवारे शीघ्रता से धातु का ताप खीच लेती है। धातु मे इस समय बननेवाले मणिभ मोल्ड की दीवारों पर लंब रूप रहते है।

चित्र ५७—इस्पात के संपिंडन का तरीका

धीरे धीरे मोल्ड के गरम होने पर इस्पात से ताप निष्कासन का वेग मंद होकर लगभग समगति प्राप्त कर लेता है। इस्पात के संपिडन से प्राप्त इन्गट मे विभिन्न भाग चित्र ५७ में भली प्रकार स्पष्ट किये गये है।

इन्गटों के उत्पादन में सामान्यत निम्नलिखित दो प्रकार के मोल्ड व्यवहृत होते है —

(१) नितल स्फारित मोल्ड

(२) शीर्ष स्फारित मोल्ड

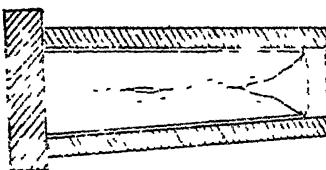
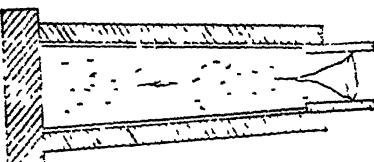
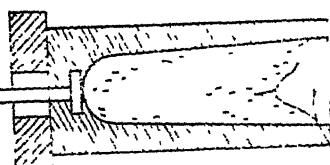
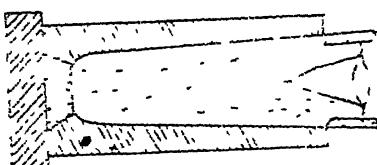
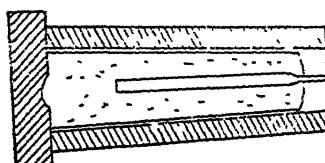
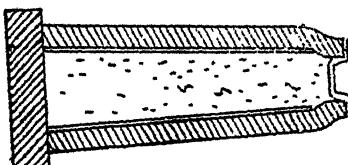
इनमें प्रपूरण के पश्चात् इस्पात के संपिडन की विवेचना विस्तारपूर्वक की जायगी।

(१) नितल स्फारित मोल्ड

इन मोल्डों मे संपिडन मोल्ड की दीवारों और शीर्ष से प्रारंभ होता है। धातु के संपिडन में अपेक्षाकृत शुद्ध लोह के मणिभ पहले संपिडित होते हैं जिससे अशुद्धियाँ बचे द्रव मे एकत्रित हो जाती है। संपिडन में धातु के आकुंचन से इन्गट के काय मे पाइप बन जाता है। पूर्ण हत इस्पात में गैसों का निकास नही होता। अर्धहत और प्रधि इस्पातों मे गैसों के निकास से धमन छिद्र बनते है। अशुद्धियो का एकत्रन पाइप के निकट अधिक होता है, कारण कि इसका संपिडन सबसे देर में होता है। मोल्ड ऊपर सँकरा होने के कारण धातु के संपिडन से इस्पात के काय में जगह-जगह पुल बन जाते है, जिसके फलस्वरूप एक से अधिक पाइप बन जाते है।

(२) शीर्ष स्फारित मोल्ड

इन मोल्डो मे शीर्ष का तलक्षेत्र अधिक होने के कारण इस्पात का संपिडन दीवारों और मोल्ड के नितल से प्रारंभ होकर भीतर और ऊपर की ओर बढ़ता है। इस कारण धातु के आकुंचन से पाइप इन्गट के शीर्ष पर बनता है। अशुद्धियों का एकत्रन भी इसी क्षेत्र में सीमित रहता है तथा नीचे का सभी भाग दोषरहित रहता है। इन मोल्डों पर बहुधा अग्नि-

चित्र ५८—इस्पात प्रपूरण के लिए उपयुक्त विविध मोल्ड

रोधक अस्तर वाले गरम उद्ध[1] रख दिये जाते हैं। प्रपूरण में इन उद्धों के शीर्ष तक इस्पात भर दिया जाता है। अग्निरोधक अस्तर होने के कारण उद्धों से ऊष्मा का ह्रास होने की गति कम रहती है और इनमें भरा इस्पात बहुत समय तक द्रव दशा मे बना रहता है। सपिंडन मे आकुंचन होने पर मोल्ड में धातु की पूर्ति उद्ध में भरे गलित इस्पात से होती रहती है। इस प्रकार आकुंचन कोटर उद्ध मे ही सीमित हो जाता है, जिससे अपेक्षाकृत बहुत कम इस्पात की हानि होती है। चित्र ५८ में ऊपर चौड़े, नीचे चौड़े और उद्धयुक्त ऊपर चौड़े मोल्ड दिखाये गये है। नीचे चौड़े मोल्डों के शीर्ष पर उद्ध लगाने से विशेष लाभ नही होता, कारण कि धातु के संपिडन में जगह-जगह पुल बन जाने से पाइपों का निर्माण नहीं रुकता।

नितल और शीर्ष-स्फारित मोल्डों के हानि-लाभ

(१) ऊपर चौड़े मोल्डों में अशुद्धियों का एकत्रन और पाइप का निर्माण इन्गट के शीर्ष तक सीमित रहता है। गरम उद्ध का उपयोग कर इस्पात की हानि बहुत कम की जा सकती है। नीचे चौड़े मोल्डों में पाइपों का निर्माण और अशुद्धियों का एकत्रन इन्गट (पिंडक) के काय के मध्य मे होता है।

(२) ऊपर चौड़े इन्गटों का ऊपरी हिस्सा काट देने से शेष भाग दोषरहित इस्पात का बच रहता है। नीचे चौड़े इन्गटों से पाइप अलग नही किये जा सकते।

(३) ऊपर चौडे मोल्डों में गरम उद्ध लगाना आवश्यक हो जाता है, अन्यथा पाइप की रचना इन्गट के सर्वाधिक चौड़े भाग मे होने से इस्पात की लब्धि बहुत कम हो जाती है। इस प्रकार ऊपर चौडे मोल्डों का उपयोग अधिक महँगा पडता है।

१. Top

(४) ऊपर चौडे मोल्डो के उपयोग मे लाभ होने पर भी व्यावसायिक इस्पातो के उत्पादन में, सस्ते होने के कारण, नीचे चौडे मोल्डों का अधिक उपयोग होता है। उच्च अर्हता वाले इस्पातों के उत्पादन मे गरम उद्धयुक्त ऊपर चौड़े मोल्डों का उपयोग किया जाता है। सभी प्रकार के इस्पातो की विशेषिकाएँ दिन प्रतिदिन अधिक परिदृढ़ होती जा रही हैं, इस कारण इसमें संदेह नही कि भविष्य मे इन्गटों के उत्पादन में ऊपर चौडे मोल्डो का उपयोग बढेगा। नितल प्रपूरण में गरम उद्धयुक्त ऊपर चौडे मोल्डो का उपयोग किया जाता है।

(५) मोल्ड से इन्गट के अपखंडन मे नीचे चौड़े मोल्ड सुविधाजनक होते है। इनमे मोल्ड को फँसाकर खींच लिया जाता है। ऊपर चौडे मोल्डो में इन्गट को बाँधकर खीचना पड़ता है। शीर्ष स्फारित मोल्डो मे इस्पात को संपिडन की गति अधिकतम अनुप्रस्थ खड के अर्ध की समानुपाती होती है। अतः २० इंच अनुप्रस्थ खड वाली इन्गट के संपिडन में $(१०)^२$ अर्थात् १०० मिनट और ३० इंच वाली इन्गट के संपिडन मे $(१५)^२$ अर्थात् २२५ मिनट लगेंगे। संपिडन मे अधिक समय लगने से अशुद्धियों के एकत्रन की प्रवृत्ति बढ़ जाती है। इसी कारण टूल और उच्च अर्हता वाले इस्पातो का उत्पादन छोटे मोल्डो में किया जाता है।

पिडकों के दोष

मोल्डो मे इस्पात के संपिडन की चर्चा करने के बाद पिंडकों मे सामान्य रूप से पाये जानेवाले दोषों की विवेचना करना आवश्यक है। इनमें से कुछ दोष इस्पात के संपिडन में स्वाभाविक रूप से होते है, जिन्हें कम करने के प्रयत्न किये जाते है। अन्य दोष प्रविधि में भूल होने पर आ जाते हैं तथा सावधानी से इन्हे रोका जा सकता है। कुछ वर्षों पूर्व तक इन्गट के इन दोषो को अवश्यभावी माना जाता था। गत बीस वर्षों मे हुई शोध के फलस्वरूप यह भली प्रकार सिद्ध हो गया है कि फर्नेस मे इस्पात के उचित कार्यन, अवसादन और सही मोल्ड प्ररचन

का उपयोग कर कुछ दोषो को बिल्कुल रोका जा सकता है और अन्य दोषों के प्रभावों को बहुत कम किया जा सकता है।

पाइप—द्रव इस्पात के संपिडन में आकुचन और गैसों के निकास के कारण पाइप बनते है। ऊपर चौडे मोल्डों में पाइप इन्गट के शीर्ष तक ही सीमित रहता है। नीचे चौड़े मोल्डो मे आकुंचन से बने पाइप के अतिरिक्त गैसों के निकास और इस्पात के आकुचन से इन्गट के काय में अन्य कोटर बन जाते हैं, जिन्हें 'गौण पाइप' कहते हैं।

पाइप की उपस्थिति इस्पात को अशक्त और दोषयुक्त बनाती है। इन्गट के बेलन में यह खोखलापन समापित वस्तुओं में विद्यमान रहकर उन्हें कठिन तनावों को सँभालने के अयोग्य बनाता है। इन्गट के यांत्रिक कार्यन मे अनाक्सीकृत कोटर रोलों के दबाव से सधानित होकर संमुद्रित हो जाते है, परन्तु आक्सीकरण होने पर खोखलापन बराबर बना रहता है। पाइप का अधिकांश भाग सामान्यतः आक्सीकृत होने के कारण काटकर अलग करना आवश्यक है। उच्च अर्हता वाले इस्पातों में गरम उद्धयुक्त ऊपर चौड़े मोल्डों का उपयोग किया जाता है और शीर्ष को काटकर पाइप को अलग कर दिया जाता है। इस्पात के आकुंचन के कारण पाइप का निर्माण होना स्वाभाविक है, परन्तु इस दोष से समापित इन्गट को न बचाने से दुर्घटनाओ और विफलता की संभावना बहुत बढ जाती है। इस्पात का पूर्ण हनन कर गौण पाइपों का निर्माण रोका जा सकता है।

धमन छिद्र—गलित इस्पात मे कार्बन मोनाक्साइड, नाइट्रोजन, कार्बन डाई आक्साइड और हाइड्रोजन गैसें विलयित रहती हैं। धातु मे विद्यमान लगभग सभी आक्सीजन FeO के रूप में रहती है। ठोस इस्पात मे गैसों की घुलनशीलता बहुत कम होने के कारण और FeO तथा कार्बन की प्रक्रिया के फलस्वरूप, इस्पात के संपिडर्न मे इन गैसों का निकास होता है। इस्पात के काय मे निकासित गैसों के पाशन से धमन छिद्र बन जाते हैं। कम कार्बन इस्पातों मे सामान्यत. धमन छिद्र अधिक बनते

हैं। उच्च कार्बन इस्पातो की तुलना मे धातु मे अधिक आक्सीजन की उपस्थिति इसका प्रधान कारण है।

सपिडन मे निकासित गैसे अपचायक या तटस्थ प्रकृति की होने के कारण इन्गट के काय मे बने धमन छिद्रो का आक्सीकरण नही हो पाता। बेलन[1] मे ये छिद्र 'दबाव संधानित' हो जाते है। धमन छिद्रों के कारण इस्पात के आकुंचन कोटर की परिमा कम हो जाती है। पूर्ण हृत इस्पातों में धमन छिद्रो का अभाव होने के कारण आकुंचन कोटर की परिमा अधिक होती है। इसी कारण ०·२५ प्रतिशत से अधिक कार्बन वाले इस्पातों का नीचे चौड़े मोल्डों मे प्रपूरित करने के लिए पूर्ण हृत नहीं किया जाता।

पिंडक के काय मे धमन छिद्रों की स्थिति बहुत महत्त्वपूर्ण है। पिंडक के काय में गहरे स्थित धमन छिद्र रोलन में समुद्रित हो जाते हैं, परन्तु सतह के निकट वाले धमन छिद्र आक्सीकृत होकर इन्गट और उससे उत्पादित वस्तुओं की सतह कृतता[2] खराब कर देते है; बेलन मे दीर्घित होकर उत्पादो की सतह पर लम्बी सीवनो के रूप मे आ जाते है। धमन छिद्रों का नियंत्रण इस्पात के अनाक्सीकरण और गैसीय निकास को समंजित कर किया जाता है।

अन्तर्भूत—अधातुकीय अंतर्भूतों का इस्पात में समावेश अनेक स्रोतो से होता है। अनाक्सीकरण उत्पाद जो धातु की सतह तक नही उठ पाते, पाशित होकर अन्तर्भूत बन जाते है। इनमे SiO_2 और Al_2O_3 के पाशन से बने अंतर्भूत विशेष उल्लेखनीय है। ये आक्साइडें इस्पात मे अविलेय और अगलनीय होती है। इनके छोटे-छोटे कण इस्पात मे जहाँ तहाँ पाशित रह जाते है।

अंतर्भूत फर्नेस के मल अथवा तंदूर, लेडिल इत्यादि के अग्निरोधको

१. Rothing   २. Finish

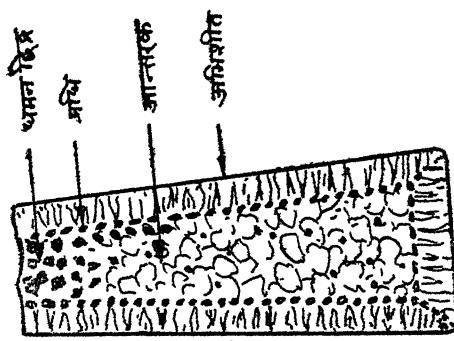
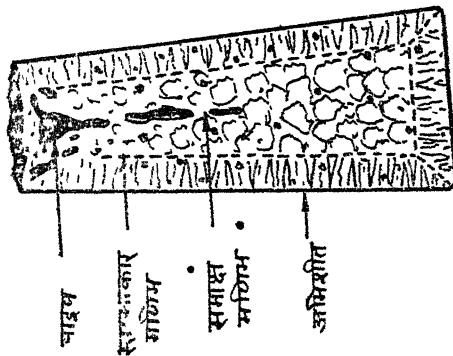
के टुकडो के पाशन से भी बन जाते है। इस्पात के नितल प्रपूरण मे वाहक नलिकाओ से अग्निरोधकों के टुकड़े निकलकर अन्तर्भूतों को जन्म देते है। इन स्रोतो से अन्तर्भूतो को रोकने के लिए बहुत सावधानी आवश्यक है।

अन्तर्भूतो का इन्गट के काय में वितरण महत्त्वपूर्ण है। उनका वितरण सम होना वाछनीय है। अंतर्भूतो का एकत्रन होने पर धातु की अखंडता[1] भंग हो जाती है और यहाँ से आन्तरिक दरारो का प्रारंभ होता है। अनाक्सीकरण और अवसादन प्रविधि पर समुचित नियंत्रण रखकर अन्तर्भूतों की मात्रा कम की जा सकती हैं। अनाक्सीकरण के लिए दो या अधिक अनाक्सीकरो का उपयोग (जिससे बनने वाले अनाक्सीकरण उत्पाद सुगलनीय हो), अनाक्सीकरण के बाद उत्पादों को ऊपर उठने के लिए पर्याप्त समय, मोल्डो मे अनाक्सीकरण के लिए एल्यूमिनियम का कम उपयोग और लेडिल, त्रोटन ओष्ठ इत्यादि में अग्निरोधक अस्तर लगाते समय सावधानी रखकर अन्तर्भूतो की मात्रा मे बहुत कमी लायी जा सकती है।

इन्गाटन—इस्पात के संपिडन मे शीतलन की गति शिथिल होने पर धातु के बड़े मणिभो का निर्माण होता है। शीतलीकरण की गति जितनी शिथिल होगी, मणिभो की परिमा उतनी ही बड़ी होगी। बड़े मणिभों के निर्माणदोष को 'इन्गटन' कहते हैं। रोलिंग (बेलन) में बड़े मणिभो के फटने की प्रवृत्ति रहती है। इस कारण रोलिंग में ऐसी बनावट वाले इन्गट का प्रारम्भ में हलका लघ्वन किया जाता है, अन्यथा मणिभ परस्पर फट जाते हैं। रोलिग में बड़े मणिभ खंडित होकर छोटे हो जाते हैं और इस प्रकार समापित उत्पादो में इन्गटन का प्रभाव मिट जाता है।

इन्गट मे बने मणिभो का विशेष अनुस्थापन[2] चित्र से स्पष्ट होता है। इस प्रकार इन्गट मे अशक्ति के समित्र बन जाते हैं जहाँ से रोलिंग मे इन्गट में दरारें पडने की संभावना रहती है। इस्पात के संपिडन मे बनने

१. Continuity २. Orientation

चित्र ५८ क—इन्गाट में बने मणिभों का विशेष अनुस्थापन (पृ० २४२)

वाले मणिभ मोल्ड की दीवारो पर लम्ब रूप बनते हैं। अत यदि मोल्ड का प्ररचन बिल्कुल चौकोर हो तो अशक्ति समित्रो[१] का निर्माण मोल्ड की दीवारों से ४५° पर होगा। इन्गटन की इस प्रवृत्ति को कम करने के लिए मोल्डो के प्ररचन मे तीक्ष्ण कोण नही रखे जाते, उन्हे गोलाई लेकर बनाया जाता है। वलयित मोल्डों का उपयोग कर इन्गटन को बहुत कम किया जा सकता है। वलयन से मोल्डो का तल-क्षेत्र बढने के कारण ऊष्मा की हानि होने की गति बढ़ जाती है और तीक्ष्ण कोण न होने से अशक्ति समित्र नही बन पाते।

एकत्रन—इस्पात के संपिडन मे कार्बन, मैंगनीज, फास्फोरस और गंधक का एकत्रन होता है। पहले सपीडित होनेवाले मणिभ अपेक्षाकृत शुद्ध होते है तथा सुगलनीय अशुद्धियाँ द्रव भाग मे एकत्रित होती जाती हैं। इस प्रकार सबसे बाद मे संपीडित अश मे अशुद्धियो का सर्वाधिक एकत्रन रहता है। हत इस्पातो मे यह प्रवृत्ति अपेक्षाकृत कम और प्रधि इस्पातों मे सबसे अधिक रहती है।

सतह दोष—उपर्युक्त दोषो के अतिरिक्त इन्गटों की सतह पर अनेक दोष पाये जाते है। प्रपूरण मे उडे आक्सीकृत धातु के छीटे इन्गट (पिंडक) की सतह पर चिपक जाते है और रोलिंग के बाद उत्पादो की सतह पर स्केबो[२] के रूप में प्रकट होते हैं। इसी प्रकार मोल्डो की भीतरी सतह रुक्ष होने पर इन्गट की सतह ऊबड़-खावड़ हो जाती हैं। रोलिग में ऊपर उठे भाग दबकर उत्पादो की सतह पर धारियाँ और चट्टे बना देते है। मोल्ड में सपिडन के समय तापीय तनावों के कारण इन्गट की सतह पर दरारें बन जाती है। मोल्ड का प्ररचन और ताप, इस्पात का ताप और प्रपूरण विधि इत्यादि घटको पर इन्गट का दरारित होना निर्भर रहता है।

इंगटों में उपर्युक्त दोष रोकने का प्रयत्न सावधानीपूर्वक किया जाना

१. Plane समतल २. Scab

चाहिए, अन्यथा वे व्यवहार के अयोग्य हो जाते है। कुछ दोषों को बिल्कुल रोका जा सकता है, अन्य स्वाभाविक दोषों को उचित प्रविधि द्वारा कम से कम हानिकर बनाया जाता है।

(पिंडकों) इन्गटों का अपखंडन[1]

इस्पात के प्रपूरण के बाद धातु को मोल्डो मे संपीडित[2] होने दिया जाता है। इन्गटो की मोटी सतह सपिडित[3] होने पर, उन्हे मोल्ड से अलग किया जाता है। इन्गटों को मोल्डो से अलग करने के इस प्रकार्य को अपखंडन कहते है। इस समय इन्गट का भीतरी भाग द्रव दशा मे रहता है। ऊष्मा की हानि बचाने के लिए प्रपूरण के बाद जल्दी से जल्दी अपखंडन किया जाता है।

नीचे चौडे मोल्डो का अपखंडन सुविधाजनक होता है। अपखंडन यत्र के हनु[4] मोल्ड की मूठो को ऊपर उठाते है और इसी समय एक मूसल पिंडक को अपने स्थान पर दृढता से दबाये रखता है। इस प्रकार मोल्ड ढीला होकर ऊपर उठ आता है। ऊपर चौड़े मोल्डों का अपखंडन कठिन होता है। इनमे इन्गट को खीचकर मोल्ड के बाहर निकालना पडता है। ऊपर चौड़े मोल्डो के साथ गरम उद्ध का उपयोग किया जाता है। उद्ध का अग्निरोधक वलय तोडकर इन्गट के शीर्ष को पकड़कर ऊपर खीचा जाता है, तथा मोल्ड को दबाकर अपने स्थान पर रखा जाता है। अब इन्गटों को गरम करने और उनका ताप सम करने के लिए 'सोखन कूपों' मे रखा जाता है।

सोखन कूपों में इन्गटों का तापन

बेलन या तापकुट्टन द्वारा इन्गट का आकारन करने के पूर्व धातु को उपयुक्त कार्यन-ताप तक गरम करना आवश्यक है। साथ ही इन्गट की पूर्ण

१. Stripping २. Compressed ३. Solidified ४. Jaw

संहति[1] का ताप सम होना चाहिए। इन्गट को मोल्ड से अलग करने पर उसके अन्तर्भाग का ताप अधिक और बाह्य भाग का ताप कम रहता है। ताप की यह असमता इन्गट को सोखन कूप मे गरम कर अलग की जाती है। नीचे चौड़े पिंडकों का अपखंडन करते समय उनका अन्तर्भाग तरल रहता है। कार्यन के पहले उन्हे सोखन कूपो मे रखकर सपीडित किया जाता है। सोखन कूप से निकलने के बाद इन्गट की कुल ऊष्मा प्रवेश के समय विद्यमान ऊष्मा से कम हो जाती है। इस प्रकार सोखन कूपो की तापीय निष्पत्ति ऋणात्मक[2] रहती है। इस्पात के उत्पादन मे सोखन कूप ही संयंत्र का ऐसा विभाग है जहाँ ताप का ह्रास करने के लिए ऊष्मा का सभरण किया जाता है। सोखन कूपो से निकलनेवाले पिंडक का भीतरी और बाहरी ताप सम हो जाता है।

कभी कभी मिल मे विभंजन[3] होने पर इन्गटों को शीतल करना आवश्यक हो जाता है। ऐसी दशा मे गरम इन्गट को राख, रेत या अन्य तापरोधक पदार्थो में तोप दिया जाता है। इस प्रकार इन्गट धीरे धीरे ठंडा होता है। यदि यह सावधानी न रखी जाय तो इतनी बडी धातु-संहति मे तापीय तनावो के कारण दरारें पड़ जाती है। शीतल इन्गट को गरम करने की गति भी बहुत धीमी रखी जाती है। लगभग आठ से दस घंटो मे इन्गट को बेलन ताप तक गरम किया जाता है। इन्गटो को शीतल और पुन गरम करने पर उनमे दरारे पड़ने की आशका रहती है। इस कारण अपखंडन के बाद उन्हें शीघ्रातिशीघ्र सोखन कूपो में तापित किया जाता है। अनिवार्य होने पर ही इन्गटों का शीतलन किया जाता है।

सोखन कूप

इन्गटो का ताप सम करना सोखन कूपो का प्रधान कार्य है। अग्निरोधक

१. Mass २. Negative ३. Breakdown

अस्तर वाले कूपो मे ईंधन का दहन कर उच्च ताप रखा जाता है। आधुनिक समय मे विभिन्न प्ररचनावाले सोखन कूपो का उपयोग किया जाता है। उच्च ताप प्राप्त करने के लिए एक प्रकार के कूपो मे पुनर्जनन सिद्धान्त का उपयोग किया जाता है। यह विधि विवृत तंदूर फर्नेसो मे उच्च ताप प्राप्त करने के समान पुनर्जनक वेश्मो का उपयोग करती है, जिसमें दहन के पूर्व वायु और गैस पूर्व तापित होती है। दूसरे प्रकार की प्ररचना मे पुनरापण[1] सिद्धान्त का उपयोग कर उच्च ताप प्राप्त किया जाता है। इसमे दहन उत्पाद चिमनी की ओर प्रवाहित होते समय लगातार वायु और ईंधन का पूर्वतापन करते है। कोक ओवन गैस, प्रवात फर्नेस गैस और कोक ओवन गैस का मिश्रण, उत्पादक गैस, ईंधन तैल इत्यादि का दहन कर सोखन कूपों में ताप का उद्भव किया जाता है।

सोखन कूप का अस्तर फायर ईंटों का बनाया जाता है। स्केल द्वारा होनेवाला संक्षय कम करने के लिए नितल[2] में ऊपर की दीवारो का कुछ भाग क्रोम ईंटो का बनाया जाता है। इन्गटो की सतह से गिरनेवाला चोया सोखन कूपों के ताप पर द्रव दशा में रहता है। कूप मे अपचायक वातावरण रखने और स्केल से नितल की रक्षा करने के हेतु कोक बजरी की परत बिछा दी जाती है। यह मसनद का काम करती है और इन्गटो के धक्के से नितल का बचाव करती है। सोखन कूपो में इन्गटों को उदग्र दशा में रखा जाता है। इस प्रकार रखने से तापन के लिए अधिक तल-क्षेत्र उपलब्ध होता है, जिससे इन्गट (पिंडक) शीघ्रतापूर्वक तापित होता है। सोखन कूपो में रखते समय इन्गट का अंतर्भाग द्रव दशा में रहता है। यदि इन्गट को सोखन कूप मे आड़ा रखा जाय तो पाइप की स्थिति बदलने से इन्गट खराब हो सकता है।

सोखन कूप का शीर्ष पहिये वाले आवरण से ढँका रहता है। इसमें

१. Recuperation २ Bottom

भी अग्निरोधक अस्तर लगा रहता है। आवश्यकता होने पर पहियों पर चलाकर आवरण को हटाया जाता है। सोखन कूपों मे इन्गटो का ताप इस्पात के रासायनिक समास, इन्गट की परिमा और रोलिंग मे होनेवाले कार्य की मात्रा पर निर्भर रहता है। सामान्यत. रोलिंग ताप का परास १०६० से १२६०° से० तक रहता है। इन्गट का ताप अधिक होने पर उसके कार्यन मे सरलता होती है और शक्ति का व्यय कम होता है। इस कारण इन्गटों की रोलिंग अधिकतम ताप पर की जाती है। इस समय यह ध्यान रखना आवश्यक है कि ऐसा करने में धातु अति तापित न हो जाय, अन्यथा उसके गुणों पर बुरा प्रभाव पडता है। अति उच्च ताप पर रोलिंग में इन्गटो में दरार पड़ने की प्रवृत्ति रहती है। उच्च ताप पर इन्गट में एकत्रित अशुद्धियाँ द्रवित होने पर रोलिंग मे इस्पात टूटने लगता है।

सोखन कूपो में इन्गटो को तापित करते समय अनेक बातो का ध्यान रखना चाहिए। इन्गटो का ताप इस प्रकार नियंत्रित किया जाना चाहिए कि धातु की पूर्ण संहति मे सम ताप हो। अधिक उच्च ताप पर इस्पात जल जाता है—उसके यव (कण) आक्सीकृत हो जाते हैं, जिससे रोलिंग मे इन्गट फटने लगता है। ताप कम होने पर रोल टूटते हैं, अधिक शक्ति का व्यय होता है और कई प्रकार के यान्त्रिक दोष आ जाते है।

अध्याय १४

इस्पात का आकारन[1]

इस्पात को विभिन्न आकार देने के लिए प्रयुक्त क्रियाओं को हम दो प्रमुख वर्गो मे रख सकते है—

(१) गलित इस्पात को निश्चित आकार के रेत मोल्डों मे डालकर सवपनो का उत्पादन।

(२) इन्गटो का विभिन्न क्रियाओं द्वारा यात्रिक कार्यन।

इस्पात के अवयव के आकार, परिमा और होनेवाले उपयोग पर आकारन विधि निर्भर रहती है। यात्रिक विधियो द्वारा बहुत बडे या संजटित[2] अवयव नही बनाये जा सकते। एक प्रकार के अवयवो की सीमित सख्या का उत्पादन भी ढलाई द्वारा किया जाता है। कुछ विशिष्ट रासायनिक समासो के इस्पात, जैसे निक्रेल, एल्यूमिनियम और निकेल-एल्यूमिनियम-कोबाल्ट चुम्बकीय इस्पात बेलित या तापकुट्टित नही किये जा सकते। उनके विभिन्न आकार ढलाई द्वारा बनाये जाते है। बहुत बड़े और सजटित अवयवो के अतिरिक्त अन्य आकार विभिन्न यात्रिक क्रियाओ द्वारा बनाये जाते है। साधारणत. कम संख्या मे अवयवों का उत्पादन ढलाई द्वारा सस्ता पडता है।

इस्पात के यांत्रिक प्ररूपण द्वारा विभिन्न आकारो का उत्पादन करने मे उनके गुणो पर सुप्रभाव पडता है। यान्त्रिक कार्यन से इस्पात की शक्ति

१ Shaping २ Complicated

और तन्यता बढ जाती है, घमन छिद्र संमुद्रित हो जाते हैं, एकत्रन कम हो जाता है और मणिभों की परिमाएँ टूटकर छोटी हो जाती है। इस प्रकार समापित उत्पाद की अर्हता सुधर जाती है। ढलाई द्वारा उत्पादित संवपनों में संपिडन के समय आनेवाले सभी दोष कम या अधिक मात्रा में होते हैं। इन दोषों की चर्चा हम अध्याय १३ में इन्गटों के संपिडन का वर्णन करते समय कर चुके हैं। संवपनो का तापोपचार कर इन दोषों का प्रभाव कम किया जाता है।

इस्पात संवपनों का उत्पादन

इस्पात संवपनो के उत्पादन के पूर्व आकारों के नीलमुद्र[1] बनाये जाते है। इनमें संवपन का रूप, परिमा, कोटर इत्यादि विस्तृत रूप से दर्शाये जाते है। नीलमुद्रों के आधार पर लकडी में संवपन[2] के आकार के प्रतिक्रम[3] बनाये जाते है। सीधे आकारों का उत्पादन एक बार मे किया जा सकता है। संजटित आकारों को निर्मित करने में एक से अधिक प्रतिक्रमों की आवश्यकता पड सकती है। उचित आकार और परिमा वाले प्रतिक्रमो पर संवपन के उत्पादन की सफलता निर्भर रहती है। यदि प्रतिक्रम ही गलत बना हो, तब ठीक संवपन का उत्पादन नही किया जा सकता।

प्रतिरूप[3] की सहायता से रेत मे उपयुक्त आकार का मोल्ड बनाया जाता है। मोल्ड में जो स्थान धातु से खाली रखना हो अथवा कोटर बनाना हो वहाँ कोर लगायी जाती है। मोल्ड बनाने के लिए प्रयुक्त रेत में कई गुण होने चाहिए। मोल्डन रेत अग्निरोधक होनी चाहिए, जिससे द्रव इस्पात के सम्पर्क में आकर वह गलित न हो; उसमे प्रतिक्रम का सही आकार लेने की क्षमता के साथ संपिडन मे निकली गैसो को निष्कासित करने के लिए पर्याप्त वेध्यता रहना आवश्यक है। मोल्ड मे द्रव इस्पात डालने

१. Blueprints २. Casting ३. Pattern

पर उसके दबाव को सहने की शक्ति न होने से मोल्ड जहाँ तहाँ खंडित हो जायगा। भिन्न प्रकार के संवपनों के उत्पादन में अलग अलग मोल्डन रेत समासों का उपयोग किया जाता है।

मोल्ड की प्ररचना और इस्पात के प्रपूरण ताप पर संधानक की सफलता निर्भर रहती है। संवपनों के उत्पादन में प्रयुक्त इस्पात में तरलता आवश्यक है, जिससे इस्पात प्रवाहित होकर मोल्ड के विभिन्न भागों मे पहुँच सके। आकुंचन कोटरों का निर्माण रोकने के लिए मोल्ड मे कई स्थानों पर प्रदाय शिरो की व्यवस्था होनी चाहिए। इस्पात के संपीड़ित होने पर मोल्ड को तोडकर संवपन को निकाला जाता है। इस समय उसके साथ बहुत रेत चिपकी रहती है। इसे अलग कर धातु के अनावश्यक अंगो को काटकर अलग कर दिया जाता है।

संवपनो का तापोपचार कर उनके गुणों मे सुधार आधुनिक संधानियो में सामान्य प्रविधि बन गयी है। संवपनों को अभितापित[1] कर संपिडन तनावों को उन्मोचित किया जाता है, मणिभीय बनावट के परिष्करण से धातु की तन्यता और आघात-सह-क्षमता बढ जाती है। मणिभीय बनावट को और अधिक परिष्कृत करने के लिए संवपनों का सामान्यीकरण[2] किया जाता है, जिससे यन्य बिन्दु[3] और वितान शक्ति बढ़ जाती है। जिन संवपनों मे एक भाग की मोटाई से दूसरे भाग की मोटाई में अधिक अंतर होता है, उनका सामान्यीकरण नही किया जाता, कारण कि उनमें दरार पड़ने की संभावना रहती है। संवपनों को फर्नेस में Ac_3 बिंदु से लगभग ५०° से० अधिक ताप पर कई घंटों तक रखा जाता है, जिससे सम्पूर्ण संहति का ताप सम हो जाय। अभितापन मे संवपनो को फर्नेस मे ही धीरे धीरे शीतल होने दिया जाता है। सामान्यीकरण समुचित ताप सोखन के बाद संवपन को फर्नेस के बाहर निकालकर वायु मे ठंडा किया जाता है। वायु में ताप के ह्रास

१. Anneal २. Normalisation ३. Yield point

की गति अधिक होती है। इस्पात तापोपचार के सिद्धान्तों की चर्चा अध्याय १५ में विस्तारपूर्वक की गयी है। इनका उपयोग कर इस्पात के गुणों को संवर्धित किया जाता है। संवपनों के उपयोग के पहले भली प्रकार निरीक्षण और समापित परिमा प्राप्त करने के लिए यंत्रन किया जाता है।

इस्पात का प्ररूपण

प्ररूपण विधियो को दो वर्गो में रखा जा सकता है—

(१) गरम कार्यन

(२) शीतल कार्यन

इस्पात के प्ररूपण में दोनो विधियो का महत्त्वपूर्ण स्थान है। अनेक धातुओं के लिए यह वर्गीकरण केवल सापेक्ष रहता है, परन्तु इस्पात मे परिवर्त बिन्दुओं[1] के कारण इसका विशिष्ट अर्थ है।

गरम कार्यन

कार्य कठोरन परास के ऊपर इस्पात के विरूपण को गरम कार्यन कहा जाता है। कार्बन और मेलीय तत्त्वों की मात्रा के आधार पर गरम करने के कार्य का प्रारंभ १२५० से १०५०° से० पर किया जाता है। इस ताप परास मे इस्पात 'आस्टेनाइट' ठोस विलयन के रूप मे रहता है।

गरम कार्यन से इस्पात के काय में विद्यमान अनाक्सीकृत धमन छिद्र बंद हो जाते हैं, और विसरण के फलस्वरूप अशुद्धियो का एकत्रन घट जाता है। संपिंडन में बने धातु के बड़े और एक दिशा मे अनुस्थापित मणिभों के स्थान मे छोटे परिष्कृत मणिभ बन जाते है। इस्पात का तापन बहुधा अवर अग्नि-बिन्दु[2] ताप के ऊपर समाप्त कर दिया जाता है। उच्च कार्बन इस्पातों मे ताप-अग्नि परास से अधिक होने पर यव परिबन्ध[3]

१. Transformer point २. Critical point ३. Boundary

पर भंगुर सीमेन्टाइट का अवक्षेपण होने लगता है। इसे रोकने और सीमेन्टाइट का अवपेक्षण सुवितरित वर्तुलों के रूप मे करने के लिए उच्च कार्बन इस्पातो का तापन अवर अश्रि-ताप तक किया जाता है। इस प्रकार अवर अश्रि-ताप गरम कार्यन की अतिम सीमा मानी जाती है।

गरम कार्यन मे इस्पात की सतह आक्सीकृत होने से चोया बनता है और शीतलीकरण में धातु आकुचित होती है। इस कारण इस्पात के अनेक अवयव अच्छा रूप लाने के लिए शीतन द्वारा समापित किये जाते है। कुछ इस्पात की वस्तुओ का अंतिम प्ररूपण गरम कार्यन द्वारा किया जाता है। जैसे धरना, रेल की पॉते इत्यादि गरम कार्यन द्वारा ही समापित की जाती है।

शीतल कार्यन

इस्पात का शीतल कार्यन सामान्यतः वायु ताप पर किया जाता है। इस्पात को २००–४००° से० ताप परास मे कार्यित नही किया जा सकता, कारण कि इस ताप परास मे इस्पात की भगुरता बहुत बढ जाती है। इसे 'नील भगुर परास' कहते है, क्योकि इस समय इस्पात की सतह आक्सीकृत होकर नीले रंग की हो जाती है। इस्पात का शीतल कार्यन अश्रि परास के नीचे किया जा सकता है, परन्तु यव परिमा और वैमो का अधिक अच्छा नियत्रण प्राप्त करने के लिए यह सामान्यत वायु ताप पर ही किया जाता है। शीतल कार्यन मे इस्पात संघटको के यव भग हो जाते है, और ताप कम होने के कारण प्रत्यादान नही कर पाते। इस प्रकार शीतल कार्यन से इस्पात की शक्ति और कठोरता में बहुत वृद्धि और तन्यता में कमी हो जाती है। प्रत्येक पूर्वापर विरूपण धातु को और कठोर बनाता है, जिससे अंत मे ऐसी स्थिति आ जाती है कि धातु को अधिक विरूपित नही किया जा सकता, अन्यथा अत्यधिक दबाव के कारण धातु मे दरार पड़ जायगी।

इस्पात को विकारित दशा से मुक्त करने के लिए तापोपचार द्वारा यवो को पुनर्निर्माण का अवसर दिया जाता है। तापोपचार की प्रविधि इस्पात के समास पर निर्भर रहती है। उच्च कार्बन इस्पात सामान्यतः

कम कार्बन इस्पातो की तुलना मे अधिक कठोर होने के कारण अधिक शीतल कार्यित नही किये जाते। तापोपचार के बाद शीतल कार्यन द्वारा अतिरिक्त लघ्वन किया जाता है।

शीतल कार्यित इस्पात की शक्ति, कठोरता और समापन गरम कार्यित इस्पात की तुलना मे श्रेष्ठ होते है। यव परिमा, वैमो[1] और सतह की समता पर उत्तम नियंत्रण होने के कारण, शीतल कार्यन अनेक उत्पादो के निर्माण मे समापन प्रकार्य की भाँति प्रयुक्त होता है। चद्दर पट्टी और तार द्वारा उत्पादित वस्तुएँ शीतल कार्यन के सुपरिचित उदाहरण है। गरम कार्यन द्वारा इन्गट का स्थूल आकारन किया जाता है। बहुधा शीतलन में गरम की गयी वस्तुएँ टेढी हो जाती हैं। शीतल कार्यन द्वारा इन्हे सीधा करना पड़ता है। सवपित दशा की अपेक्षा गरम कार्यन द्वारा इस्पात के गुणो मे सुधार और परिवर्धन हो जाता है, परन्तु शक्ति, कठोरता और सतह समापन पर शीतल कार्यन का प्रभाव अधिक व्यापक होता है। यह भिन्नता धातु के ताप के कारण रहती है। गरम कार्यन ताप परास में परमाणवीय चंचलता अधिक होने के कारण धातु शीघ्रता से प्रत्यादानित[2] हो जाती है। शीतल कार्यन में परमाणवीय चचलता बहुत कम होने के कारण यह नही होता, जिससे धातु स्थायी रूप से कठोर हो जाती है।

गरम कार्यन की रीतियाँ

इस्पात का गरम कार्यन निम्नलिखित तीन रीतियो द्वारा किया जाता है—

(१) अयोघनन (हैमरिग)
(२) पीडन
(३) रोलिग (बेलन)

१ Dimension विमा, आयाम   २ Recovered

अयोघनन और पीडन रीतियों को सयुक्त रूप में तापकुट्टन या फोर्जिंग भी कहा जाता है। इस्पात के पुंजोत्पादन का अधिकाश भाग रोलिंग द्वारा प्राप्त होता है।

अयोघनन फोर्जन—धातुओ का आकारन[1] करने की यह विधि काफी पुरानी है। आधुनिक समय मे वाष्प संचालित अयोघन[2] उपयोग मे लाये जाते है। वाष्प की मात्रा समजित कर अयोघन का प्रहार बल नियंत्रित किया जाता है। विभिन्न अयोघनों का वर्गीकरण, उनके प्रहार-बल के आधार पर किया जाता है। उदाहरणार्थ ५ टन का प्रहार देनेवाले अयोघन को ५ टन अयोघन कहा जायगा। सामान्यतः ५० टन से अधिक प्रहार-बल वाले अयोघन उपयोग मे नही लाये जाते, क्योंकि प्रहार के धक्को से सयत्र के अन्य यत्रो का एकरेखण[3] खराब हो जाता है।

अयोघनन द्वारा निश्चित आकार के अवयव बनाने के लिए डाइयो का उपयोग किया जाता है। ये डाइयाँ मेल इस्पातो को यंत्रित और तापोपचारित कर बनायी जाती हैं। डाइयों का प्ररचन और उत्पादन एक विशिष्ट कार्य है। इस्पात को उपयुक्त ताप पर अयोघन द्वारा प्रहारित करने मे अपेक्षाकृत छोटे क्षेत्र में अधिक दबाव पडता है। दबाव क्षणिक होने के कारण उसका प्रभाव धातु के ऊपरी भाग तक ही सीमित रहता है, मध्य तक व्यापक नही हो पाता। अति गुरु प्रहार करने से धातु के मध्य मे संमुद्रित कोटर खुलने का भय रहता है। इस प्रकार कुछ गुरु प्रहारों की तुलना मे कम दबाव वाले अनेक प्रहारो द्वारा आकारन करना अपेक्षित रहता है।

अयोघन तापकुट्टन द्वारा उत्पादन की गति अपेक्षाकृत कम रहती है, परन्तु अनेक प्रकार के वे आकार जो सरलता से रोलित नही किये जा सकते, डाईयुक्त अयोघन तापकुट्टन द्वारा बनाये जाते हैं। यांत्रिक कार्यन में

१. Shaping २. लोहे का बड़ा हथौड़ा Hammer ३. Alignment

इन्गाट की संवपन रचिति भग और यव परिमा[1] का परिष्करण हो जाता है, जिससे अवयव के गुणो में बहुत सुधार हो जाता है। समुचित गुणो की प्राप्ति के लिए इस्पात का ताप, डाइयों का प्ररचन और प्रहार का बल सतर्कता से नियंत्रित किया जाना चाहिए।

पीड तापकुट्टन—अयोघनन मे क्षणिक दबाव के कारण रीति की शक्ति निष्पत्ति कम होती है और धातु को पूर्ण संहति का भली प्रकार कार्यन नहीं होता। पीड तापकुट्ट मे दबाव के लागन की गति धीमी होने के कारण सतह से मध्य तक धातु का समुचित कार्यन होता है। धातु-यवों के परिष्करण के साथ इस्पात मे विद्यमान छिद्र और सुषिरता मिट जाती है तथा आघातो की अनुपस्थिति से यत्रो की एक-रेखन खराब नही होता, निष्पत्ति अधिक रहती है और कार्यन व्यय कम पड़ता है। विभिन्न डाइयो का उपयोग कर अलग-अलग आकारो का निर्माण किया जा सकता है।

आधुनिक पीडो[2] की परिमा (साइज) ३,००० से १५,००० टन रहती है। सामान्यत: बडे आकारो (जैसे नावीय योधन सज्जा, कवच पट्ट, बडे चाक इत्यादि) के लिए पीड तापकुट्टन का उपयोग किया जाता है। छोटे आकारो का उत्पादन अयोघन तापकुट्टन द्वारा होता है। अयोघनन मे इस्पात की सतह का चोया[3] प्रहार के कारण अलग हो जाता है, जब कि पीडन मे दवाव से उसके इस्पात के काय में समाविष्ट होने की आशंका रहती है। अनेक अवयवो के उत्पादन मे पीड तापकुट्टन अथवा अयोघन तापकुट्टन का उपयोग किया जा सकता है। दोनो विधियों का अपना महत्त्व और क्षेत्र होने के कारण एक को दूसरे की तुलना मे श्रेष्ठ कहना कठिन है।

रोलिंग—अधिक उत्पादन गति और निष्पत्ति के कारण अधिकाश इस्पात पिण्डको[4] को रोलिंग द्वारा आकारन दिया जाता है। रोलिंग द्वारा प्राप्त आकारो की संख्या मे वृद्धि के साथ-साथ इसकी लोक-प्रियता अधिक

१. Grain size २ Press ३. Mill scale ४. Ingot

बढ गयी है। तापकुट्टन की तुलना में रोलिंग द्वारा आकार देना सस्ता पडता है। आधुनिक समय मे प्रयुक्त रोलिग मिलो की प्ररचना, प्रकार और कार्य मे बहुत भिन्नता रहती है। बड़े पिण्डको को लघ्वित कर पहले 'ब्लूम' बनाये जाते है। ब्लूमो को रोलित कर अन्य उत्पादो का निर्माण किया जाता है। रेल की पाॅतें, गर्डर, छड़ें, कोण, पट्ट और अन्य सैकड़ो आकारों की प्राप्ति के लिए रोलो में खाॅचे बनाये जाते है।

रोलिग और तापकुट्टन की तुलना करते समय ध्यान में रखना आवश्यक है कि दोनो आकारन रीतियो की अपनी उपयोगिता और विशेषता है। अनेक आकार इतने सकुल होते है कि रोलन द्वारा उनका उत्पादन नही किया जा सकता। बहुत बडे अवयवो का कार्यन भली प्रकार करने के लिए भी तापकुट्टन आवश्यक हो जाता है। रोलिग मे उत्पादन की गति अधिक होने के कारण उत्पादन मूल्य कम पड़ता है, परन्तु साथ ही द्रुतता के कारण उत्पाद पर कम नियंत्रण अपेक्षाकृत रहता है। तापकुट्टन की गति मंद रहने के कारण समाप्ति ताप भली प्रकार समजित किया जा सकता है। तापकुट्टन द्वारा उत्पादित अवयवो मे उत्पादन मूल्य का विचार गौण तथा भौतिक और यात्रिक गुणो का विशेष महत्त्व रहता है। इस कारण तापकुट्टन विशेष सावधानीपूर्वक किया जाता है।

शीतल कार्यन रीतियाॅ

शीतल कार्यन प्रमुखत. समापन प्रकार्य है। इसके पहले इन्गट (पिण्डकों) का तापन कर उसका स्थूल आकारन कर दिया जाता है, जिससे धातु की रचिति का परिष्करण हो जाता है। सामान्यत. शीतल कार्यन निम्नलिखित तीन रीतियों द्वारा किया जाता है—

(१) शीतल रोलिग
(२) शीतल पीडन
(३) शीतल उद्रेखन

शीतल रोलिग—सामान्यतः इस्पात चादरो का शीतल रोलिंग करने

से गरम कार्यन मे आयी मोच और मोड अलग होकर सम और पालिश-युक्त सतह की प्राप्ति होती है। चादर की शक्ति और कठोरता को शीतल रोलिंग की तीव्रता घटा-बढ़ाकर बदला जा सकता है। शीतल रोलिंग के पूर्व सतह पर बने आक्साइड को हटाने के लिए चादरों को अम्ल-मार्जित किया जाता है जिससे सतह को पालिश अच्छी रहे। शीतल रोलिंग के लिए प्रयुक्त रोल सशक्त, कठोर और चिकने रहना आवश्यक है। धातु का कार्य कठोर न होने और अधिक शक्ति की खपत के कारण शीतल रोलिंग द्वारा धातु का अधिक लघ्वन नही किया जाता।

शीतल पीडन—विभिन्न मुटाई की चादरें और पट्टियाँ शीतल पीडन द्वारा आकारित की जातीं हैं। अलग-अलग आकार देने के लिए डाइयों का उपयोग किया जाता है। कभी-कभी तो एक अवयव का पूर्ण आकारन करने के लिए कई डाइयो की आवश्यकता पड़ती है। मोटर कार, रेल के डब्बे इत्यादि के गठन में अनेक अवयवों का आकारन शीतल पीडन द्वारा किया जाता है। शीतल पीडन में चादर या पट्टी की मुटाई मे विशेष लघ्वन नही होता, केवल अवयव का आकारन ही होता है। इस प्रकार शीतल कार्यन की मात्रा बहुत अल्प रहती है।

शीतल उद्रेखन—तार अथवा असीवन[१] इस्पात नलियों के उत्पादन मे धातु के अग्र भाग को पकड़कर बलपूर्वक डाई मे से खीचा जाता है। धातु के भाग से डाई का छिद्र छोटा होता है। इस प्रकार धातु का शीतल कार्यन होता है और अनुप्रस्थ खड में लघ्वन के साथ लम्बाई बढ़ जाती है। शीतल उद्रेखन मे कठोरता बढ जाने के कारण बार बार धातु को अभितापित करना पडता है।

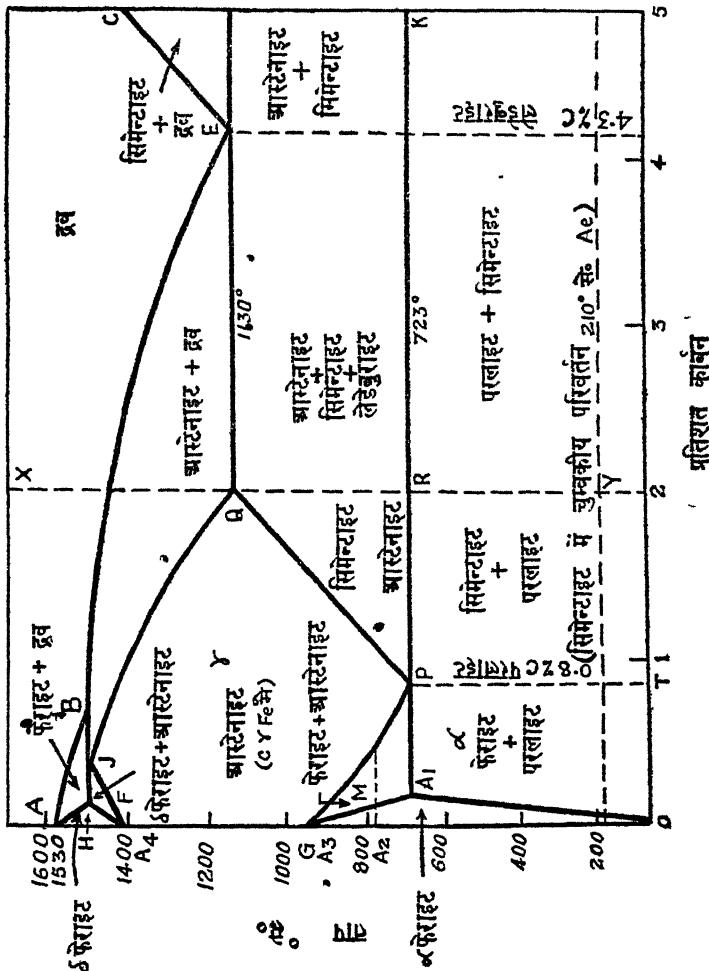
तार उद्रेखन मे डाई से निकलकर तार एक वेल्ल के चारों तरफ लिपटता जाता है। इस वेल्ल[२] के घूर्णन से प्राप्त तरस्व द्वारा तार डाई मे से खिंचता

१. Seamless २. Reel गिट्टी

है। स्थूल परिमाओं के लिए उच्च कार्बन या मेल इस्पातो की सुयंत्रित और भली प्रकार समापित डाइयाँ उपयोग मे लायी जाती है। बहुत बारीक तार खीचने और सुतथ्यता रखने के लिए टंग्सटन कार्बाइड या हीरे की डाइयो का व्यवहार किया जाता है। शीतल कार्यन को यमित कर तार के भौतिक गुणों मे वाछित परिवर्तन किये जा सकते है।

इस्पात की असीवन नलियो का उद्रेखन करने के लिए वलयाकार डाई का उपयोग किया जाता है। नली का भीतरी व्यास और आकार बनाये रखने के लिए मुख के मध्य में मेन्ड्रिल लगाया जाता है। डाई का व्यास उसमे प्रवेश करनेवाली नली से छोटा रखा जाता है। उद्रेखन से नली की लम्बाई बढ जाती है, मुटाई और व्यास कम हो जाता है, सतह का समापन अच्छा होता है और नली के वैम[1] अधिक सुतथ्य होते है।

आकारन के लिए प्रयुक्त रीतियो के अनेक संपरिवर्तनो द्वारा इस्पात की विभिन्न उपयोगी वस्तुओ का उत्पादन किया जाता है। प्रत्येक वस्तु के निर्माण की अपनी रोचक कहानी रहती है। कभी-कभी तो एक साधारण वस्तु के उत्पादन में अनेक आकारन रीतियो का उपयोग करना पड़ता है।

१. Dimension आयाम

चित्र ५९—लोह कार्बन रेखी

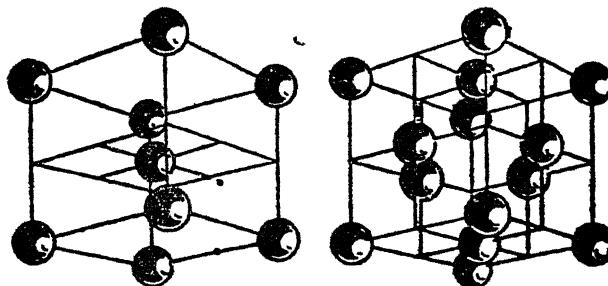
अध्याय १५

इस्पात का तापोपचार

इस्पात को सर्वतोमुखी धातु बनाने में तापोपचार द्वारा उसके गुणों में परिवर्तन और परिवर्धन का महत्त्वपूर्ण योगदान रहा है। अपेक्षाकृत मृदु, तन्य और अशक्त इस्पात को तापोपचार द्वारा कठोर और सशक्त बनाया जा सकता है। अनेक युगों से तापोपचार द्वारा इस्पात के इच्छित गुणों का विकास एक कला के रूप मे किया जाता रहा है। उसके वैज्ञानिक सिद्धान्तों का स्पष्टीकरण वर्तमान काल की देन है।

लोह के अपररूप संपरिवर्तन

शुद्ध लोह में होनेवाले अपररूप परिवर्तनों को चित्र ५९ में स्पष्ट किया गया है। द्रवित दशा से सम्मान्य वायु ताप तक होनेवाले इन परिवर्तनों पर समुचित विचार करना तापोपचार के सिद्धान्तों का स्पष्ट ज्ञान करने के लिए आवश्यक है। शुद्ध लोह १५३५° से० पर संपिंडित होता है। इस समय प्राप्त लोह के मणिभों को डेल्टा लोह कहा जाता है, जिसका परमाणवीय विन्यास काय केन्द्रित घनाकार होता है। चित्र ६० क में इस रूप में परमाणुओं की स्थिति दिखायी गयी है। लोह का यह रूप १४१०° से० तक स्थायी रहता है जिसके नीचे लोह फलक केंद्रित घनाकार (चित्र ६० ख, गामा लोह मे परिवर्तित हो जाता है। यह रूप ९१०° से० तक रहता है। गामा रूप से ९१०° से० के नीचे लोह काय केन्द्रित घनाकार अल्फा रूप में बदल जाता है और फिर वायु ताप तक परमाणुओं के विन्यास मे कोई परिवर्तन नहीं होता। लगभग ७६८° से० के ऊपर लोह अचुम्बकीय

रहता है और इस ताप के नीचे चुम्बकत्व प्राप्त कर लेता है। इस रूपान्तर बिन्दु को क्यूरी बिन्दु कहा जाता है। इस समय प्रजाल[1] के परमाणवीय

चित्र ६० क—डेल्टा लोह का परमाणवीय विन्यास (काय केन्द्रित घनाकार)

६० ख—गामा लोह का परमाणवीय विन्यास (फलक केन्द्रित घनाकार)

विन्यास में कोई परिवर्तन नहीं होता। संभवत: परमाणुओं के इलेक्ट्रानीय पुर्नविन्यास के कारण धातु के चुम्बकीय गुण में परिवर्तन होता है। इस परिवृत का पता श्रीमती क्यूरी ने सर्वप्रथम लगाया और उनके सम्मान में तभी से यह क्यूरी बिन्दु कहा जाता है। लोह के विभिन्न अपर रूप संपरिवर्तन होनेवाले तापों को अश्रि बिन्दु[2] कहते हैं। चित्र ५९ में अश्रि बिन्दुओं का नामांकन किया गया है।

इस्पात के अश्रि बिन्दु

शुद्ध लोह में कार्बन का समम्वेश होने पर अश्रि बिन्दुओं की स्थिति में

१. Lattice २. Critical Point

परिवर्तन होते है और लगभग ७२५° से० पर एक और बिन्दु प्रकट हो जाता है। लोह मे कार्बन वृद्धि के साथ द्रवणांक कम होता जाता है और अग्नि बिन्दु A_4 ऊपर उठकर द्रवणांक में विलीन हो जाता है, बिन्दु A_3 निम्नित होता है और संभवतः ०`३५% कार्बन होने पर बिन्दु A_2 मे विलीन होकर द्विबिन्दु $A_{3\cdot2}$ को जन्म देता है। इस समय तक विन्दु A_2 की स्थिति में कोई परिवर्तन नही होता। द्विबिन्दु $A_{3\cdot2}$ बन जाने के बाद कार्बन की मात्रा और बढ़ने पर यह निम्नित होने लगता है और अन्त मे लगभग ०·८% कार्बन पर A_1 में मिलकर त्रिबिन्दु $A_{3\cdot2\cdot1}$ बन जाता है। इसे पुनर्दीप्तन बिन्दु भी कहते है। कार्बन की मात्रा और अधिक होने पर अग्नि बिन्दु Acm प्रकट होता है और कार्बन की मात्रा बढ़ने के साथ उन्नयित होता जाता है। लगभग २% कार्बन इस्पात में यह १०५०° से० पर प्रकट होता है। उपर्युक्त वर्णित अग्नि बिन्दुओ की संख्या और स्थिति का अतिरिक्त स्पष्टीकरण करने के लिए विभिन्न कार्बन युक्त इस्पातों के अग्नि बिन्दुओ पर विचार किया जायगा।

कम कार्बन इस्पात (०.१ प्रतिशत कार्बन)

अग्नि बिन्दुओं की संख्या—४

A_4 लगभग १४००° से०

A_3 लगभग ९००° से०

A_2 लगभग ७६८° से०

A_1 लगभग ७२५° से०

मध्यम कार्बन इस्पात —(०.४५ प्रतिशत कार्बन)

अग्नि बिन्दुओं की संख्या—२

$A_{3\cdot2}$ लगभग ७४०° से०

A_1 लगभग ७२५° से०

१. Recalascence

कार्बन की मात्रा की वृद्धि के साथ A_3 निम्नित होकर A_2 में विलीन हो जाता है और द्विबिन्दु A_{32} बन जाता है। शीर्ष बिन्दु A_4 द्रवणांक में मिल जाता है।

सुद्राव इस्पात[१]—(०.८ % कार्बन)

अभ्रि बिन्दुओ की संख्या—१

लगभग ७२५° से० पर त्रिबिन्दु A_{321} रहता है।

अत्य सुद्राव इस्पात—(२ % कार्बन)

अभ्रि बिन्दुओ की संख्या—२

A_1 लगभग ७२९° से०

Acm लगभग १०५०° से०

अत्य सुद्राव इस्पातों मे यह बिन्दु कार्बन की मात्रा के साथ ऊपर उठता जाता है और कार्बन में कमी होने पर निम्नित होकर पुनर्दीप्तन बिन्दु में विलीन हो जाता है।

सीमेण्टाइट क्यूरी बिन्दु

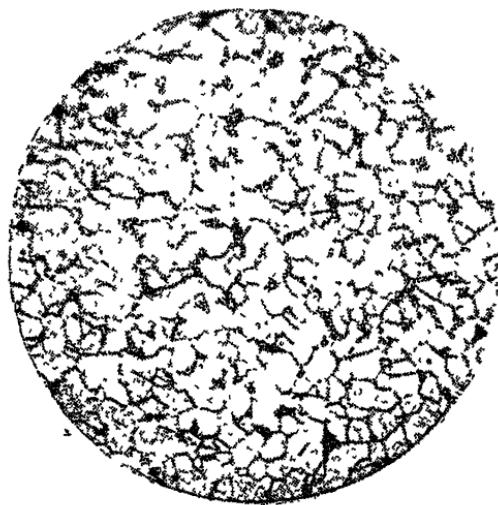
लोह कार्बन मेलों मे लगभग २१०° से० के बाद इस्पात का एक घटक सीमेन्टाइट अचुम्बकीय हो जाता है और इस ताप के नीचे चुम्बकीय रहता है। इसे सीमेन्टाइट क्यूरी बिन्दु कहते हैं। यह सभी सीधे कार्बन इस्पातों मे विद्यमान होता है। इस्पात के अभ्रि बिन्दुओ का ज्ञान लोह कार्बन रेखी से भली प्रकार किया जा सकता है।

इस्पात के घटक

फेराइट—इस्पात मे अल्फा अथवा डेल्टा लोह मणिभों को फेराइट कहते हैं। इसमे अल्प मात्रा मे विभिन्न अशुद्धियाँ विलयित रहती है। अल्फा

१. Eutectoid

रूप मे इसे अल्फा फेराइट और डेल्टा रूप में डेल्टा फेराइट कहा जाता है। इसमें परमाणवीय विन्यास काय केन्द्रित घनाकार होता है। डेल्टा फेराइट का व्यावसायिक महत्त्व न होने के कारण फेराइट से सामान्यत: अल्फा फेराइट का ही तात्पर्य निकलता है, जिसमें अधिकतम ०.०४% कार्बन ठोस दशा में विलयित रहता है।

सीमेन्टाइट—इस्पात में विद्यमान यौगिक लोह कार्बाइड (Fe_3C) को सीमेन्टाइट कहा जाता है। मैंगनीज की उपस्थिति में सीमेन्टाइट लोह

चित्र ६१—०.२% कार्बन इस्पात

और मैंगनीज का संयुक्त कार्बाइड होता है। इसमें कार्बन की मात्रा ६·६७ प्रतिशत होती है। इसके गुणों का ज्ञान अधिक नही है, केवल इतना विदित है कि यह सीधे कार्बन इस्पातों का कठोरतम और भंगुर घटक होता है।

पर्लाइट—फेराइट और सीमेन्टाइट के सुद्राव को पर्लाइट कहते हैं। ०·८ प्रतिशत कार्बन इस्पात को धीरे धीरे शीतल करने पर सीमेन्टाइट और

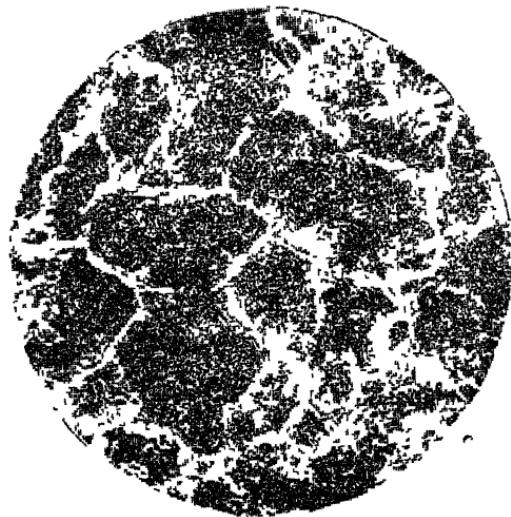
फेराइट का पटलीय निर्माण होता है। सुद्राव समास का इस्पात पूर्णत पर्लाइट का बना रहता है। इससे कम या अधिक कार्बन होने पर क्रमश: अतिरिक्त फेराइट अथवा सीमेन्टाइट दृष्टिगोचर होते हैं।

ऑस्टेनाइट—गामा लोह मे कार्बन के अन्तरालीय ठोस विलयन को आस्टेनाइट कहते हैं। इसमे अधिकतम २ प्रतिशत कार्बन ठोस विलयन में रह सकता है। आस्टेनाइट मे लोह का परमाणवीय विन्यास फलक केंद्रित

चित्र ६२—०.८% कार्बन इस्पात

घनाकार होता है। सीधे कार्बन इस्पातों मे वायु ताप पर ऑस्टेनाइट इस्पात का घटक नही रहता। इसी के विबंधन से फेराइट और सीमेन्टाइट प्राप्त होते हैं।

चित्र ५ ए मे शुद्ध लोह की आणविक रचिति दिखायी गयी है। पूरी बनावट में लगभग शुद्ध लोह के बहुतलीय यव दिखाई पडते हैं। इसी घटक को फेराइट कहते हैं।

चित्र ६१ मे ०·२%कार्बन इस्पात की रचना[1] स्पष्ट की गयी है। इसकी बनावट में दो प्रकार के यव दिखाई पड़ते है—काले यव पर्लाइट और अपेक्षाकृत हलके यव फेराइट के हैं। पर्लाइट के यवो मे फेराइट और सीमेन्टाइट के एकान्तरिक पटल होते हैं।

चित्र ६३—१.४% कार्बन इस्पात

चित्र ६२ में सम्पूर्ण पर्लाइट वाले ०·८%कार्बन की रचिति दिखायी गयी है।

अत्य सुद्राव[2] इस्पात की रचिति चित्र ६३ के समान दिखाई पडती है। इस बनावट में पर्लाइट और परिबंधों[3] पर मुक्त सीमेन्टाइट अवक्षेपित हुआ है।

१. Structure २. Hyper eutectoid ३. Boundary

लोह् कार्बन रेखी

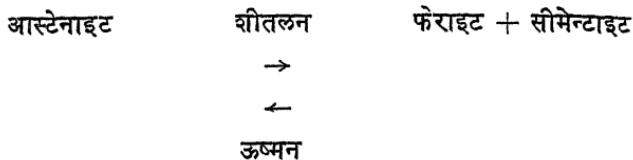
इस्पात और बीड की अण्वीक्ष रचना का व्यवस्थित अध्ययन करने के लिए लोह् कार्बन रेखी आधार रूप व्यवहृत होता है। लोह् मे अश्रि बिन्दुओं की उपस्थिति के कारण लोह् कार्बन मेलों का बर्ताव संकुल होता है। अ, ब, इ, स बिन्दु संहति का तरलक बनाते है जिनके ऊपर पूर्ण द्रव दशा रहती है। अ, ज, ख, ई और फ संहति का संपिंडक बनाते है, जिसके नीचे सब घटक ठोस दशा मे रहते हैं।

(१) **परिद्रवण प्रक्रिया**—ख और ब के बीच मे परिद्रवण प्रक्रिया होती है जिसमे डेल्टा लोह् और अवशिष्ट द्रव की प्रक्रिया से आस्टेनाइट बनता है। यह प्रक्रिया अचर ताप १४९२° से० पर होती है। लोह् के द्रवणांक के समीप होनेवाली इस परिद्रवण प्रक्रिया का कोई व्यावसायिक महत्त्व नहीं है।

(२) **सुद्रवण प्रक्रिया**—लगभग ४ ३ प्रतिशत कार्बन और ११४०° से० पर सुद्रवण[१] प्रक्रिया के फलस्वरूप लेडेबुराइट की प्राप्ति होती है। यह सुद्रवण आस्टेनाइट और सीमेन्टाइट से बनता है और कुछ श्वेत बीडों के अतिरिक्त इसका भी कोई व्यावसायिक महत्त्व नही है।

(३) **सुद्राव प्रक्रिया**—लगभग ७२५° से० और ० ८ प्रतिशत कार्बन पर रेखी की बनावट सुद्रवण रूपान्तर के समान होती है। इस ताप पर गामा लोह में कार्बन के ठोस विलयन आस्टेनाइट के विबंधन से फेराइट और सीमेन्टाइट की प्राप्ति होती है। लोह् कार्बन मेलो मे इस रूपान्तर का अत्यधिक महत्त्व है। इसे इस प्रकार दर्शाया जा सकता है—

१. Eutectic

आस्टेनाइट	शीतलन → ← ऊष्मन	फेराइट + सीमेन्टाइट

सुद्राव समास से कम कार्बन वाले इस्पातों को उप सुद्राव और उससे अधिक कार्बन वाले इस्पातों को अत्य सुद्राव इस्पात कहा जाता है। लोह कार्बन रेखी में इस्पात के निर्वापण[1] तथा टेम्परिंग द्वारा होनेवाले परिवर्तनों का निर्देश नही मिलता।

अश्रि-परास

लोह कार्बन रेखी में विभिन्न कार्बन प्रतिशत वाले इस्पातों मे होनेवाले रूपान्तरों का निर्देश होता है। अश्रि बिन्दु A_1 और उत्तर अश्रि बिन्दु (जो इस्पात में कार्बन की मात्रा पर निर्भर रहते हैं) के अन्तर को अश्रि परास कहते हैं। उप सुद्राव इस्पातों में क्रमश. A_3 और A_1 तथा अत्य सुद्राव इस्पातों मे Acm और A_1 के अन्तर को अश्रि परास कहा जायगा। इस्पात का गरम कार्यन सामान्यत. अश्रि परास से अधिक तापमान पर प्रारम्भ कर अवर अश्रि बिन्दु के ऊपर समाप्त किया जाता है।

आस्टेनाइट का विबंधन

आस्टेनाइट के विबंधन से सीमेन्टाइट और फेराइट की प्राप्ति होती है। लोह कार्बन रेखी मे ग, प, ख रेखाओ के ऊपर आस्टेनाइट स्थायी रहता है। आस्टेनाइट के विबंधन का प्रारम्भ उसमें विलयित कार्बन की मात्रा पर निर्भर रहता है। उदाहरण के लिए ०·३% कार्बन इस्पात को १०००° से० से शीतल करने पर लगभग ८५०° से० तक कोई परिवर्तन नही होगा।

१. Quenching

रेखा ग, प से मिलन होने पर ताप में कमी के साथ फेराइट का विलगन प्रारंभ हो जायगा और इस प्रकार अवशिष्ट ठोस विलयन में कार्बन की मात्रा बढ़ जायगी। मुक्त फेराइट का अवक्षेपण उस समय तक होता रहेगा जब तक अवशिष्ट ठोस विलयन में कार्बन की मात्रा ०.८% हो जायगी। यह स्थिति प बिन्दु द्वारा दिखायी गयी है। इस समय पर्लाइट का निर्माण होगा। ०.८% से कम कार्बन वाले इस्पातों मे उपर्युक्त वर्णन के अनुसार आस्टेनाइट का विबंधन होता है। जैसे-जैसे कार्बन की मात्रा में वृद्धि होती जाती है पर्लाइट की मात्री बढती जाती है।

०.८ प्रतिशत से अधिक कार्बन इस्पातों को शीतल करने से रेखा प, ख आते ही मुक्त सीमेन्टाइट का विलगन होकर ठोस विलयन में कार्बन की मात्रा कम हो जाती है और अन्त में ताप मे कमी के साथ सुद्राव समास (०.८% कार्बन) प्राप्त होने पर पर्लाइट बन जाता है। उपर्युक्त वर्णन से यह स्पष्ट है कि ०.८% कार्बन इस्पात में आस्टेनाइट का विबंधन ताप निम्न-तर रहेगा और उसके रूपान्तर से केवल पर्लाइट की प्राप्ति होगी।

इस्पात के अग्रि बिन्दुओं का ज्ञान लोह कार्बन रेखी (चित्र ५९) की सहायता से भली प्रकार हो सकता है।

ऊष्मा द्वारा यवों का परिष्करण

सामान्य दशा मे विद्यमान इस्पात को ऊष्मित करने से उसकी यव-रचना मे Ac_1 बिन्दु तक कोई परिवर्तन नही होता। इस ताप पर पर्लाइट के यव आस्टेनाइट में बदल जाते है। इस समय सुद्राव समास वाले इस्पात का अधिकतम परिष्करण हो जाता है। उप सुद्राव[1] और अत्य सुद्राव इस्पातों में Ac_1 ताप बिन्दु पर पूर्ण परिष्करण संभव नही है, कारण कि इस ताप पर मुक्त फेराइट अथवा सीमेन्टाइट अप्रभावित रहते हैं। इस्पात के सभी घटकों

१. Hypoeutectoid

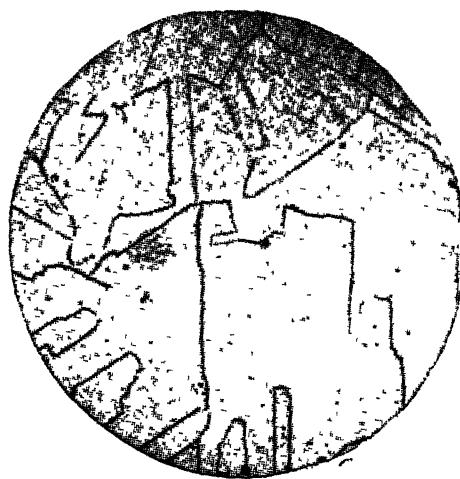
द्वारा ठोस विलयन आस्टेनाइट का निर्माण होने पर ही यव परिष्करण सभव होता है। इसे प्राप्त करने के लिए लोह कार्बन रेखी मे निर्देशित उत्तर अश्रि बिन्दु से कुछ अधिक ताप तक इस्पात का ऊष्मित करना आवश्यक होता है। अश्रि परास से अधिक ताप पर आस्टेनाइट मणिभ स्थूल होने लगते है। उनकी वृद्धि का वेग ताप पर और विस्तार समय पर अवलंबित रहता है। ऐसा स्थूल यवित आस्टेनाइट विबधित होकर अश्रि-परास के नोचे स्थूल पर्लाइट यवो मे रूपांतरित होता है,जिससे उनकी शक्ति और तन्यता मे कमी हो जाती है।

अति ऊष्मित और जले इस्पात

अश्रि-परास से अधिक ताप का उन्नयन करने से आस्टेनाइट यवों में वृद्धि की चर्चा ऊपर की जा चुकी है। ऐसे स्थूल यवों वाले इस्पातो को अति ऊष्मित इस्पात कहते है। इन इस्पातों को परिष्कृत करने के लिए अश्रि परास से कुछ अधिक ताप तक ऊष्मित कर शीतल किया जाता है। इस प्रकार बननेवाले नये यवों की परिमा कम हो जाती है। इसके विपरीत यदि इस्पात का ताप अत्यधिक बढ़ जाय तो आस्टेनाइट के यव बहुत स्थूल हो जाते है और उनके सभी ओर आक्सीकृत परत बन जाती है, जिससे इस्पात अत्यन्त भगुर हो जाता है। इन इस्पातों का उद्धार पुनर्गलन के अतिरिक्त अन्य किसी विधि द्वारा नही किया जा सकता। इन्हें जले इस्पात कहते हैं।

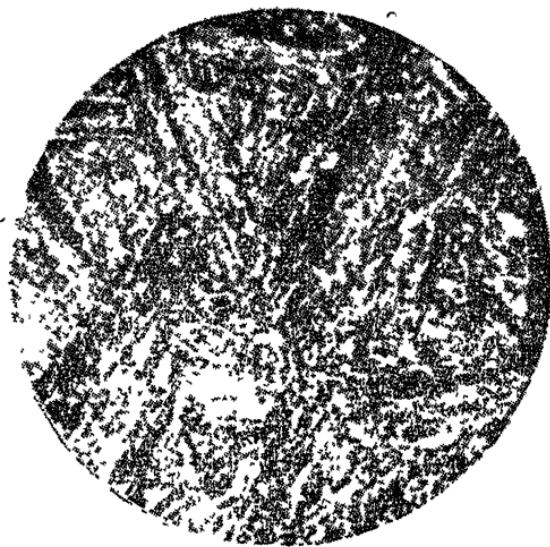
तापोपचारके सिद्धान्त

यदि इस्पात का शीतलन करने से सदैव पर्लाइट की प्राप्ति होती तो तापोपचार द्वारा शीतलन की गति बदल कर उसके भौतिक और यांत्रिक गुणों में परिवर्तन करना संभव न रहता। अश्रि परास में शीतलन की गति का नियंत्रण कर आस्टेनाइट से विभिन्न रूपान्तर उत्पाद प्राप्त किये जा सकते हैं, जिससे इस्पातों के गुण परिवर्धित हो जाते हैं और अन्य सभी पदार्थों

की तुलना मे इस्पात सर्वाधिक उपयोगी बन जाता है। शीतलन की गति मंद होने पर (फर्नेस में शीतलन) आस्टेनाइट का विबंधन अपेक्षाकृत उच्च ताप पर प्रारंभ होता है और रचिति मे स्थूल पर्लाइट बनता है। शीतलन का वेग बढाने से (वायुताप पर शीतलन) रूपान्तर अपेक्षाकृत शीघ्र आरभ होता है और इसके फलस्वरूप सूक्ष्म पर्लाइट बनता है। शीतलन की गति और अधिक बढाने पर आस्टेनाइट के रूपान्तर से पर्लाइट की प्राप्ति नही होती। इसे अश्रि शीतलन वेग कहते हैं। शीतलन की गति उपर्युक्त वेग से मन्द होने पर पूर्ण अथवा आशिक रूप से पर्लाइट बनता है तथा अश्रि शीतलन वेग और इससे अधिक गति होने पर मार्टेन्साइट की प्राप्ति होती है। यह अल्फा लोह मे कार्बन का अति संतृप्त ठोस विलयन है।

चित्र ६४—आस्टेनाइट इस्पात

शीतलन की गति बदलकर विभिन्न घटको के निर्माण को भली प्रकार समझने के लिए निम्नलिखित उदाहरण पर विचार किया जायगा,—

सुद्राव समास (०.८% कार्बन) वाले इस्पात को लगभग ८१६

से० तक गरम कर ठोस विलयन आस्टेनाइट बनाया जाता है। चित्र ६४ में आस्टेनाइट की अण्वीक्ष रचना दिखायी गयी है। शीतलन की गति का समुचित नियंत्रण करने से विभिन्न घटकों की प्राप्ति होती है। इस सुद्राव इस्पात को लगभग ६५०° से० तक शीतल कर इसी ताप पर रूपान्तर करने से पर्लाइट-करण होता है। यह घटक अपेक्षाकृत मृदु होता है जिसकी कठोरता लगभग २०० ब्रिनेल समझनी चाहिए। आस्टेनाइट का द्रुत गति से शीतलन

चित्र ६५—बेनाइट घटक

कर लगभग ३१६° से० पर रूपान्तर करने से एक नया घटक बेनाइट बन जाता है। इस घटक का निर्माण (चित्र ६५) पर्लाइट की तुलना में नीचे ताप पर होता है और इसकी कठोरता लगभग ५५० ब्रिनेल होती है। आस्टेनाइट का ताप ८१६° से० से ३१६° से० तक शीघ्रतापूर्वक कम किया जाना चाहिए, कारण कि ६५०° से० पर पर्लाइटकरण की प्रवृति प्रबल रहती है। आस्टेनाइट का ताप और कम (१२०° से०) करके रूपान्तर कराने

से अधिक कठोर घटक मार्टेन्साइट की प्राप्ति होती है, जिसकी कठोरता लगभग ६५० ब्रिनेल होती है। चित्र ६६ में उपर्युक्त घटक की अण्वीक्ष रचिति दिखायी गयी है।

उपर्युक्त विवरण से यह स्पष्ट हो जाता है कि आस्टेनाइट से प्रारंम्भ होकर विभिन्न घटकों का करण आस्टेनाइट के रूपान्तर ताप पर निर्भर

चित्र ६६—मार्टेन्साइट रचिति

रहता है और रूपान्तर ताप में कमी के साथ उत्पाद की कठोरता मे वृद्धि होती जाती है। यह समझ लेना महत्वपूर्ण है कि एक बार किसी उत्पाद के करण के बाद कम ताप पर दूसरे घटक की प्राप्ति नही की जा सकती। उदाहरण के लिए यदि आस्टेनाइट के ६५०° से० पर रूपान्तर से पर्लाइट बन जाय तो फिर ३१६° सें० अथवा १२०° से० तक शीतलन से क्रमशः बेनाइट और मार्टेन्साइट की प्राप्ति नही होगी। इस प्रकार निम्नलिखित महत्वपूर्ण नियम का स्पष्टीकरण होता है—

'आस्टेनाइट के रूपान्तर से बेनाइट अथवा मार्टेन्साइट का करण[१] होने के लिए इस्पात के आस्टेनाइट का उच्च ताप पर रूपान्तर नही होना चाहिए।' इस्पात के कठोरन मे पर्लाइटकरण रोकना महत्वपूर्ण है, क्योंकि कठोरित इस्पात की अंतिम रचना मे मार्टेन्साइट अथवा बेनाइट रहते है।

रूपान्तर द्वारा पर्लाइटकरण होने मे समय एक महत्त्वपूर्ण घटक होता है। उदाहरण के लिए उपर्युक्त ०·८% कार्बन इस्पात ८१६° से० से ६५०° से० तक शीतलित करने पर पर्लाइट के रूप मे पूर्ण परिवर्तन होने मे लगभग २५ सेकंड लगते है। अधिक ताप पर रूपान्तर के लिए अधिक समय (कुछ मिनट या घंटे) और कम ताप पर कम समय की आवश्यकता होती है। पर्लाइटकरण के लिए लगभग ५३८° से० पर सबसे कम समय (३ सेकंड) लगता है। इससे कम ताप पर रूपान्तर अवधि पुनः अधिक हो जाती है (जैसे लगभग ४२५° से० पर एक मिनट लगता है)। यदि आस्टेनाइट का रूपान्तर करने मे पर्लाइटकरण बचाना हो तो ५३८° से० ताप प्रदेश ३ सेकंड से कम समय मे पार हो जाना चाहिए। वास्तव मे ३ सेकंड मे इस्पात का पर्लाइटकरण पूर्णरूपेण हो जायगा, अर्थात् आंशिक रूपान्तर के लिए ३ सेकड से भी कम समय लगेगा। बेनाइट अथवा मार्टेन्साइट का निर्माण करने के लिए ५३८° से० ताप प्रदेश एक सेकंड से कम समय में पार किया जाना चाहिए।

पर्लाइट करण न होने पर दूसरे अवर ताप परास (२०५ से ४२५° से०) मे बेनाइट बनता है। बेनाइट करण पर्लाइट की तुलना मे अधिक समय लेता है। लगभग ३७०° से० पर इस्पात का बेनाइट मे रूपान्तर ३ मिनट मे होगा और २६०° से० पर इस रूपान्तर मे संभवतः ४५ मिनट लगेंगे। अत इस्पात का बेनाइट करण करने के लिए निम्नलिखित पद[२] (प्रक्रम) आवश्यक है —

१ Formation २. Stages

(१) इस्पात का द्रुत गति से शीतलन, जिससे पर्लाइट करण न होने पाये। शीतलन की द्रुतता इस्पात के अनुसार बदलती है। सुद्राव[१] इस्पात मे पर्लाइट करण एक से तीन सेकड मे हो जाता है, जब कि कुछ मेलीय तत्वों का समावेश कर यह अवधि एक मिनट या उससे भी अधिक बढायी जा सकती है।

(२) इच्छित ताप पर इस्पात को पर्याप्त समय तक रखकर रूपान्तर को पूर्ण करना आवश्यक है। यह अवधि भी इस्पात की प्रकृति और बेनाइट के प्रकार पर निर्भर रहती है।

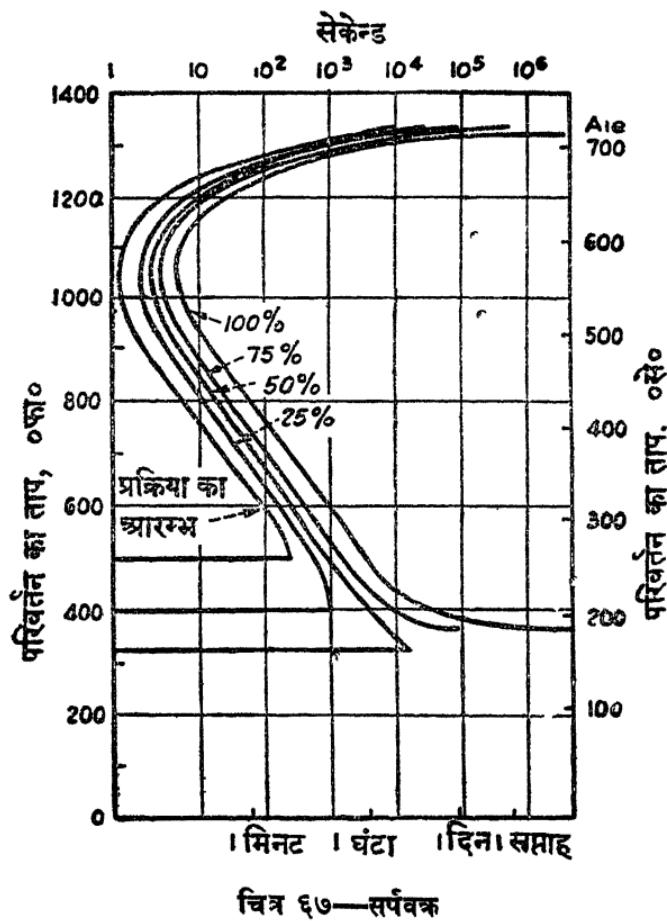
अब हम मार्टेन्साइट पर विचार करेंगे। आस्टेनाइट का वायु ताप के समीप रूपान्तर होने से मार्टेन्साइट की प्राप्ति होती है। इसके करण[२] की गति बहुत द्रुत रहती है। ताप के गिराव के साथ मार्टेन्साइट का निर्माण लगभग तुरंत होता है और ९५° से० ताप पहुँचने तक रचिति में मार्टेन्साइट का अनुपात ९५% से अधिक हो जाता है।

समतापीय रूपान्तर रेखी

उपर्युक्त उदाहरण मे हमने सुद्राव इस्पात के रूपान्तरो पर विचार करते समय यह स्पष्ट किया कि ६५०° से० पर पर्लाइट करण मे २५ सेकंड, ५३८° से० पर ३ सेकंड, बेनाइट करण के लिए ४२५° से० पर ३ मिनट और २६०° से० पर ४५ मिनट लगते हैं। मार्टेन्साइट करण प्रक्रिया की गति बहुत अधिक होने के कारण उपयुक्त कम ताप पर यह घटक लगभग तुरंत बन जाता है। उपर्युक्त न्यासों के आधार पर समय, ताप, रूपान्तर वक्र आलिखित किये जाते हैं। इन रेखियों को उनके आकार के कारण सर्पवक्र भी[३] कहते हैं। चित्र ६७ मे सुद्राव इस्पात का सर्पवक्र दिखाया गया है। किसी भी इस्पात के लिए सर्पवक्र का आलेखन निम्नलिखित रीति से किया जाता है—

१. Eutectoid २. Formation ३ S. Curve

इच्छित इस्पात के छोटे प्रादर्श[१] अग्नि परास[२] से अधिक ताप तक ऊष्मित किये जाते हैं, जिससे उनकी सम्पूर्ण रचिति आस्टेनाइट में परिवर्तित हो

चित्र ६७—सर्पवक्र

जाती है। इन प्रादर्शों को निश्चित ताप पर रखे गये गलित सीस या वंग

१. Specimen २. Critical Range

के कुंभ मे इच्छित समय तक रखकर शीतल जल मे निर्वापित किया जाता है जिससे अवशिष्ट आस्टेनाइट का रूपान्तर होकर मार्टेन्साइट की प्राप्ति होती है। अवधि को बढाकर पूर्व निश्चित ताप विशेष पर आस्टेनाइट का सम्पूर्ण रूपान्तर होने के लिए आवश्यक समय निश्चित किया जाता है। रूपान्तर का प्रारंभ और अंत दिखाने के लिए दो वक्र रहते हैं। प्रादर्शों मे अवशिष्ट आस्टेनाइट का पता लगाने के लिए सूक्ष्मदर्शी द्वारा निरीक्षण किया जाता है। अवशिष्ट आस्टेनाइट निर्वापण द्वारा मार्टेन्साइट में बदल जाता है। लगभग ५३८° से० के समीप वक्र का भाग कोटि के निकट आता है। इसे वक्र की नासिका कहते है। यह नासिका कोटि के जितने समीप होगी, रूपान्तर मे पर्लाइट करण की प्रवृत्ति को रोकने के लिए उतना ही अधिक उच्चंड[१] निर्वापण[२] करना पडेगा। विभिन्न मेलीय तत्त्वो का सकालन[३] कर सर्पवक्र[४] की नासिका को दाहिनी ओर हटाया जा सकता है। कोबाल्ट के अतिरिक्त अन्य सभी मेलीय तत्व सर्पवक्र की नासिका को दाहिनी ओर हटाते है जिसका अर्थ यह हुआ कि मेलीय इस्पातो में आस्टेनाइट के रूपान्तर की गति सीधे इस्पातों की तुलना में कम होगी। आस्टेनाइट की यव परिमा और समागता का भी वक्र के आकार पर प्रभाव पडता है। आस्टेनाइट की यव परिमा में वृद्धि से रूपान्तर के आरंभ और समाप्ति मे विलम्ब होता है। इसके विपरीत विषमांग आस्टेनाइट रूपान्तर के आरंभ की गति बढा देता है।

सर्पवक्र आस्टेनाइट के विभिन्न तापो पर होनेवाले रूपान्तरो को भली प्रकार दर्शाता है, जिससे इस्पात के तापोपचार को अधिक सफलता और समझ के साथ करना सम्भव हो सका है।

१ Drastic २ Quenching
३ Addition
४ S-curve

व्यावहारिक तापोपचार

(१)–अनीलिंग (अभितापन)—इस्पात की अनीलिग[1] निम्नलिखित उद्देश्यो से की जाती है—

क—इस्पात को मृदु बनाना।

ख—यवों का परिष्करण करना।

ग—इस्पात के पूर्वोपचार (जैसे—रोलिंग, (वेलन), तापकुट्टन, असम शीतलन) के फलस्वरूप विद्यमान तनावों का उन्मोचन करना।

पूर्ण अभितापन

इस विधि मे इस्पात अश्रि-परास से कुछ अधिक ताप पर पर्याप्त समय तक रखा जाता है, जिससे उसकी सम्पूर्ण रचिति आस्टेनाइट रूप में आ जाती है। तत्पश्चात् उसे फर्नेस मे धीरे-धीरे शीतल होने दिया जाता है। शीतलन की गति कम होने से पटलित पर्लाइट की प्राप्ति होती है और इस प्रकार इस्पात का अधिकतम मृदुलन और यव परिष्करण हो जाता है। इस तापोपचार मे अधिक समय लगता है।

गोलाभ अभितापन

इस्पात का ताप अवर अश्रि बिन्दु के कुछ ऊपर या नीचे पर्याप्त समय तक रखा जाता है, जिससे पटल रूप सीमेन्टाइट वर्तुल हो जाता है। उच्च कार्बन इस्पातो की यंत्रन-क्षमता सुधारने के लिए यह तापोपचार किया जाता है।

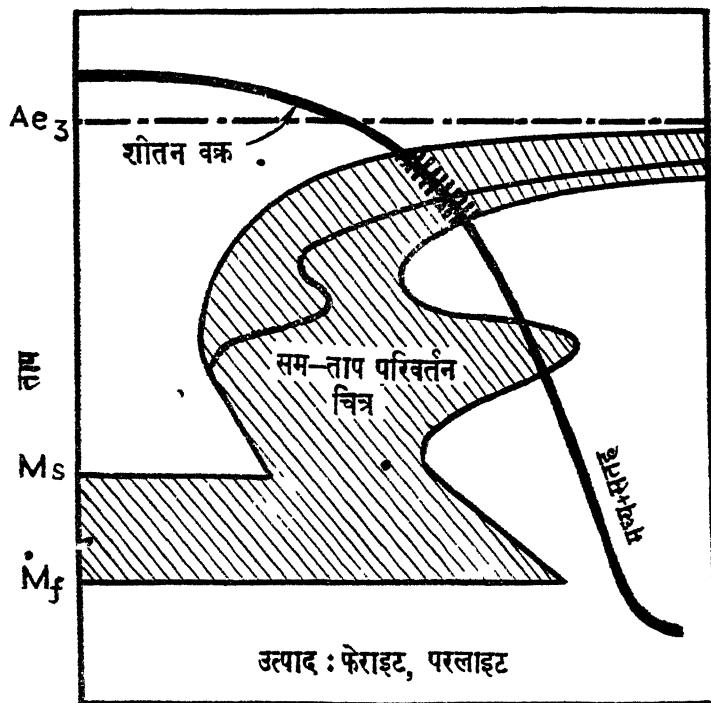
तनाव उन्मोच अभितापन

शीतल कार्यन द्वारा हुए तनावों का उन्मोचन करने के लिए इस्पात को लगभग ५५० से ६५०° से० तक गरम किया जाता है। इस ताप परास

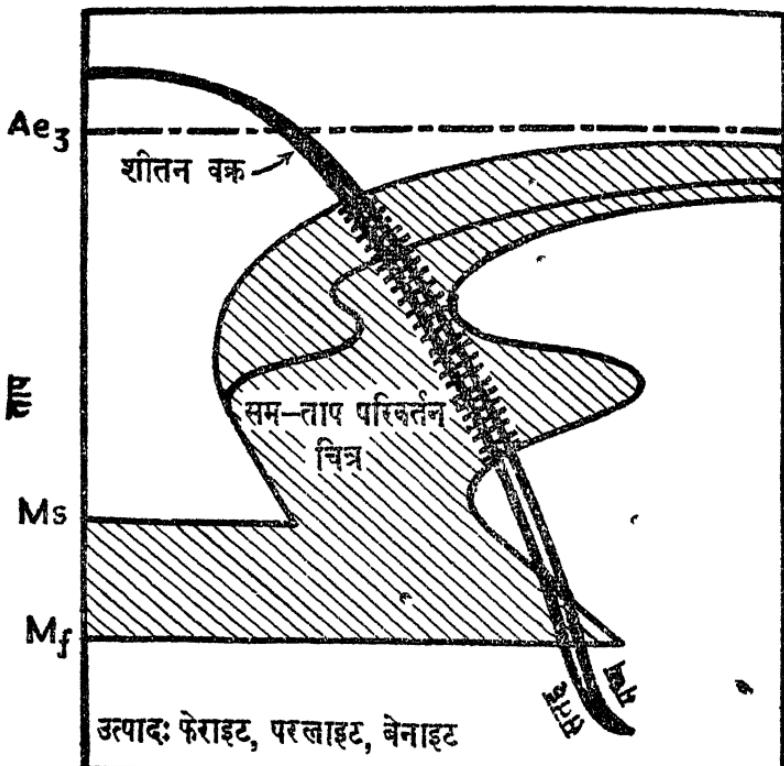
१. Annealing **मृदुकरण, तापशीतन**

मे फेराइट का पुनर्मणिभन होकर इस्पात की मृदुता बढ जाती है। यह तापोपचार चद्दरो और तारों के उत्पादन मे व्यवहृत होता है।

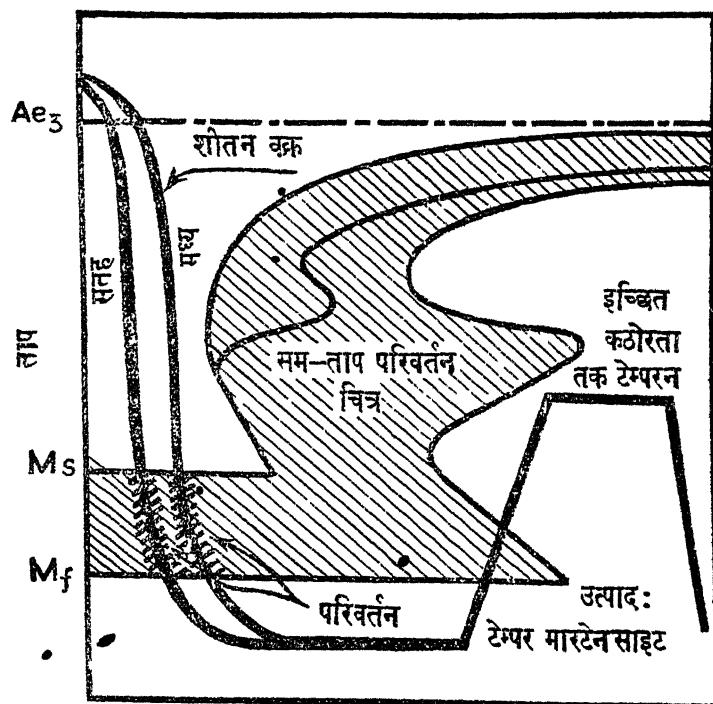
समतापीय अथवा चक्र अभितापन

इस विधि मे फर्नेस के प्रभार को अग्नि परास के ऊपर से पूर्व निश्चित

चित्र ६८—अभितापन में शीतलन की गति

ताप तक शीघ्रता से शीतल किया जाता है और रूपान्तर पूर्ण रूप से समाप्त

होने तक उसी ताप पर रखा जाता है। रूपान्तर ताप का चुनाव समतापीय रूपान्तर रेखी के शीर्ष भाग मे किया जाता है, जिससे अण्वीक्ष्य रचना मे

चित्र ६९—सामान्यीकरण में शीतलन की गति

फेराइट और पर्लाइट प्राप्त हों। पूर्ण अभितापन की तुलना में यह तापोपचार करने के लिए कम समय की आवश्यकता होती है।

(२) सामान्यीकरण[1]—इस्पात को अग्नि परास के ऊपर सम ऊष्मित कर स्तब्ध वायु में शीतल किया जाता है। अभितापन की तुलना में शीतलन

चित्र ७०—निर्वापण में शीतलन की गति

की गति अधिक होने के कारण सामान्यीकृत यव अपेक्षाकृत अधिक कठोर

१. Normalisation

और सशक्त होते है। इस तापोपचार द्वारा परिष्करण होकर इस्पात की रचना अधिक सम हो जाती है।

(३) **निर्वापण और टेम्परन**[1]—अग्नि परास के ऊपर इस्पात का द्रुत शीतलन निर्वापण कहलाता है, जिसके फलस्वरूप मार्टेन्साइट करण से इस्पात की कठोरता और भंगुरता बहुत बढ जाती है। इस्पात की शीतलन गति इतनी द्रुत होनी आवश्यक है कि सर्पवक्र की नासिका न कटे। चित्र ६८-७० मे अभितापन, सामान्यीकरण और निर्वापण मे शीतलन की गतियाँ दिखायी गयी हैं। इस्पात को निर्वापित करने के लिए तेल, जल अथवा जलीय विलयन उपयोग मे लाये जाते है, जिनका चुनाव इस्पात के रासायनिक समास, परिमा और आकार के आधार पर किया जाता है।

निर्वापित दशा मे इस्पात अधिक भंगुरता और कठोरता के कारण व्यावसायिक कार्यो के उपयुक्त नही बैठते। उनका पुनरूष्मन करने से आन्तरिक तनावों का उन्मोचन होता है एवं इस्पात की तन्यता बढ जाती है। यह उपचार टेम्परन कहलाता है। टेम्परन फर्नेस, गरम तेल कुंभ, द्रवित लवण अथवा द्रवित सीस कुंभ मे किया जाता है। टेम्परन ताप मे वृद्धि होने पर इस्पात की कठोरता में कमी आती है और चर्मलता[2] मे वृद्धि होती है। इच्छित यांत्रिक गुणो का विकास करने के लिए टेम्परन अलग-अलग तापों पर किया जाता है। यदि अधिक कठोरता आवश्यक हो तब टेम्परन ३२०° से० से कम ताप पर किया जाता है। अधिक तन्यता का विकास करने के लिए लगभग ४२५° से० तक ताप बढा दिया जाता है।

(४) **आस टेंपरन**[3]—अधिक तन्यता और कठोरता का संयोग लाने के लिए इस तापोपचार विधि का विकास किया गया है। अग्नि परास के ऊपर से इस्पात को उपयुक्त माध्यम मे निर्वापित किया जाता है। माध्यम का ताप २०० से ३७०° से० रखा जाता है। इस ताप परास में आस्टेनाइट

१. Tempering, **प्रोक्षण** २. Toughness ३. Austempering

का रूपान्तर होकर बेनाइट की प्राप्ति होती है। निर्वापण माध्यम के रूप में द्रवित लवण उपयोग मे लाये जाते है, जिनकी ऊष्मा अहरण क्षमता सामान्यत: कम होती है। इस कारण केवल छोटी परिमा वाले अवयवो का तापोपचार कर बेनाइट बनाना संभव होता है।

मारटेम्परन[१]—निर्वापण द्वारा इस्पात को कठोर करने से उसके दरारित और विरूपित होने की संभावना रहती है। निर्वापण जितनी उच्चंडता ने किया जायगा, यह संभावना उतनी ही अधिक प्रबल रहेगी। मार टेम्परन मे अश्नि परास के ऊपर से इस्पात का ताप M_s बिन्दु तक द्रुत गति से गिराया जाता है और अवयव इस ताप पर पर्याप्त समय तक रखा जाता हे। तत्पश्चात् Ms—Mf प्रदेश मे वायु मे शीतलन किया जाता है। इस प्रकार मार्टेन्साइट की प्राप्ति होती है और इस प्रकार रूपान्तर मे आन्तरिक तनाव निम्नतम होने के कारण कठोरन, दरारे और विरूपण बहुत कम हो जाता है। वायु में शीतलन के बाद इस्पात का उपयुक्त ताप पर टेम्परन किया जाता है, जिससे इच्छित कठोरता और तन्यना प्राप्त हो सके।

१. Martempering

अध्याय १६

इस्पात का परीक्षण

इस्पात के विभिन्न अवयवो का अनेक प्रकार के कामो मे प्रयोग होता है। कठिन तनावों का सामना करते समय उसे अपने आकार और गुण पूर्ववत् बनाये रखने पडते हैं। यदि प्रयोग काल मे कोई अवयव विफल हो जाय तो दुर्घटनाएँ होकर धन-जन की महान् हानि हो सकती है। काम में लाने के पहले इस्पात की अर्हता और दोष-मुक्ति के विषय में विश्वास होना आवश्यक है।

वर्तमान युग में पुंजोत्पादन[1] का बहुत महत्त्व है। मशीनो की सहायता से बिल्कुल एक सरीखे हजारो-लाखों भाग और अवयव कम मूल्य मे उत्पादित किये जाते है। कम मूल्य होने के कारण अधिक लोग उन्हे खरीद कर लाभ उठा सकते है। इस कारण वस्तुओ की अधिक मॉग होती है और सस्ती तथा अच्छी वस्तुओं के उत्पादन को उत्तरोत्तर प्रोत्साहन मिलता है। प्रत्येक वस्तु की अच्छाई का प्रमाण और विश्वास दिलाने के लिए यह आवश्यक है कि उचित परीक्षण के बाद ही उसे उपयोग के लिए जाने दिया जाय। यही कारण है कि इस्पात उद्योग में परीक्षण को बहुत महत्त्व दिया गया है। इन परीक्षणो को हम निम्नलिखित तीन प्रमुख वर्गों में रख सकते हैं—

(१) रासायनिक विश्लेषण

१. Mass production

(२) भौतिक परीक्षण
(३) यात्रिक परीक्षण

रासायनिक विश्लेषण

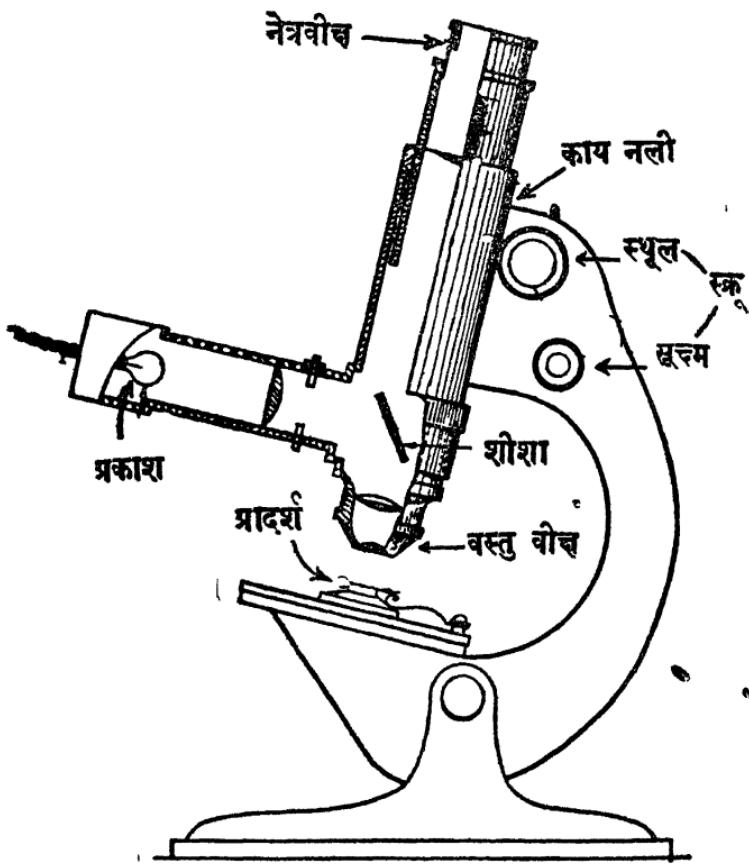
इस्पात के विशिष्ट गुण उसके रासायनिक समास[1] पर निर्भर रहते हैं। शुद्ध लोह अपेक्षाकृत अशक्त होता है परन्तु कार्बन के साथ मेल होने पर उसकी शक्ति और कठोरता बढती जाती है। कम कार्बन वाले इस्पात की तुलना मे अधिक कार्बन वाला इस्पात सशक्त परन्तु साथ ही भंगुर होता है। गधक और फास्फोरस की उपस्थिति इस्पात के गुणो को कुप्रभावित करती है। इसके विपरीत निकेल और अन्य मिश्र धातुएँ इस्पात के गुणो का वाछनीय परिवर्धन करती हैं। इस कारण इस्पात के रासायनिक समास पर समुचित नियत्रण रखना आवश्यक हो जाता है, जिससे वांछनीय गुणों वाली धातु प्राप्त हो सके।

रासायनिक विश्लेषण एक विशिष्ट कार्य है जिसे कुशलता और सफलतापूर्वक करने के लिए अनेक वर्षो की तैयारी और प्रायोगिक कार्य का अनुभव आवश्यक होता है। इस्पात में विद्यमान तत्वो का मात्रात्मक विश्लेषण करने के लिए उनके गुणों का समष्टि ज्ञान और अन्य तत्वो के कुप्रभाव को दूर करने के सिद्धान्तो की जानकारी आवश्यक है। प्रयोगशाला के एकान्त वातावरण मे धीरज, लगन और परिश्रम से रासायनिक विश्लेषक इस्पात उत्पादन क्रियाओं का सफलतापूर्वक नियत्रण करता है और इस्पात के मानक को प्रमाणित करता है।

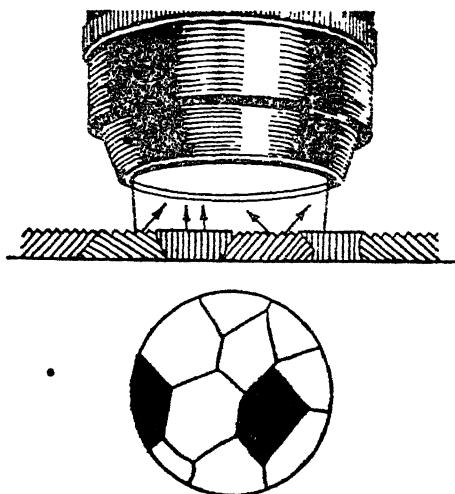
भौतिक परीक्षण

रासायनिक विश्लेषण से, कौन तत्व कितने परिमाण मे विद्यमान है

१. Chemical composition

इसका पता चलता है, परन्तु इससे उनका वास्तविक रूप प्रकट नही होता। उदाहरण के लिए इस्पात मे विद्यमान कार्बन लोह मे विलयन अथवा कार्बाइडो के रूप मे रह सकता है। निश्चय ही कार्बन के भिन्न रूपो का इस्पात के गुणो पर अलग अलग प्रभाव पड़ेगा। इस कारण रासायनिक

चित्र ७१—धातुकीय सूक्ष्मदर्शी का खंड

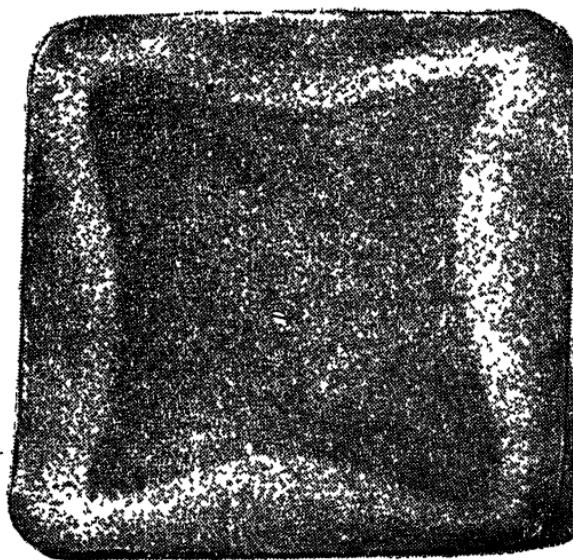
विश्लेषण के अतिरिक्त विभिन्न तत्त्वों के रूप और वितरण के विषय में ज्ञान होना आवश्यक हो जाता है।

इस्पात का भौतिक परीक्षण सूक्ष्मदर्शी द्वारा किया जाता है। छोटे प्रादर्श को पालिश और निरेखित[1] कर सूक्ष्मदर्शी के नीचे विभिन्न विशालनों[2] पर देखा जाता है। चित्र ७१ मे धातुकीय सूक्ष्मदर्शी का खण्ड चित्र दिखाया गया है। प्रादर्श की सतह से प्रकाश की किरणे परावर्तित होती है, जो चित्र ७२ मे दिखायी गयी है। इस्पात के अण्वीक्ष परीक्षण से भिन्न

चित्र ७२—प्रादर्श की सतह से प्रकाश किरणों का परावर्तन

भिन्न रचको[3] की उपस्थिति, उनका वितरण, एकत्रन इत्यादि का पता लग जाता है। इस्पात का भौतिक परीक्षण इतनी प्रगति कर चुका है कि उसके भिन्न-भिन्न सूक्ष्म रचको के गुण मालूम कर लिये गये हैं। इस ज्ञान की सहायता से इस्पात के औसत रैसायनिक समास और यान्त्रिक गुणो के

१. Etched २. Magnification ३. Components

बारे मे पूर्व घोषणा की जा सकती है। कुशल धातु-विज्ञ सूक्ष्मदर्शी की सहायता से इस्पात के विभिन्न रचको को उतनी ही सरलता से पहचान सकता है जितनी सरलता से हम मनुष्यों को पहचान लेते है और उनकी मुखाकृति देखकर उनके स्वभाव की खास-खास बातों की विवेचना कर सकते है तथा फोटो खीच सकते है। इस्पात का अण्वीक्ष परीक्षण १० से लेकर ३००० विशालनो तक किया जाता है।

इस्पात का स्थूल परीक्षण केवल देखकर अथवा दसगुना विशालित कर किया जाता है और उससे निम्नलिखित सूचनाएँ प्राप्त की जाती हैं—

चित्र ७३—इस्पात में विद्यमान गन्धक का एकत्रन

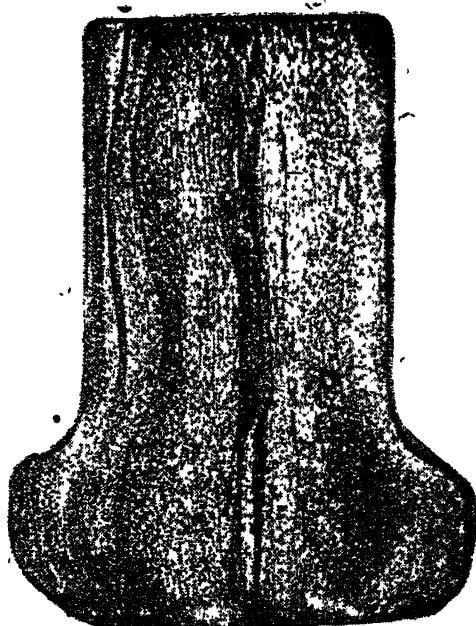
(१) अशुद्धियों का एकत्रन (गंधक और फास्फोरस)

(२) अवयव के निर्माण की विधि (बेलन, तापकुट्टन, सधान इत्यादि)

(३) यवों की परिमा[1] और उनकी समागता

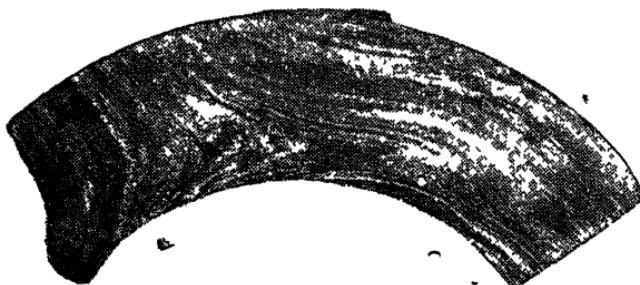
(४) अन्तर्भूतो की उपस्थिति (मलकण, सल्फाइड इत्यादि)

(५) उत्पादन के दोष

चित्र ७३ और चित्र ७४-७५ मे क्रमशः इस्पात मे विद्यमान गधक

चित्र ७४—प्रवाह-रेखाएँ

का एकत्रन और प्रवाह-रेखाएँ दिखायी गयी है। इस्पात के विभग का निरीक्षण करने से उसके गुणों और उत्पादन के इतिहास पर महत्त्वपूर्ण प्रकाश

१. Size

पडता है। उदाहरण के लिए, मल और धमन छिद्र दोषपूर्ण उत्पादन दिखाते हैं, स्थूल यव गलत प्रपूरण ताप अथवा तापोपचार का निर्देशन करते हैं। पिटवाँ लोह का तन्युमय विभंग अपनी विशेषता रखता है।

चित्र ७५—प्रवाह-रेखाएँ

यांत्रिक परीक्षण

रासायनिक और भौतिक परीक्षणो के दत्तो[1] की सहायता से इस्पात के गुणों की घोषणा की जाती है। अधिक विश्वास पाने के लिए इस्पात का यांत्रिक परीक्षण किया जाता है, जिससे यह ज्ञात हो सके कि वास्तविक उपयोग में वह कैसा व्यवहार करेगा। ज्ञान-विज्ञान की प्रगति आश्चर्य-जनक अवश्य है परन्तु अच्छा इंजीनियर यह कभी नहीं भूलता कि अब भी अज्ञान के क्षेत्र अधिक विस्तीर्ण और व्यापक है। छोटी सी कमी रह जाने पर या भूल हो जाने से असीम हानि की संभावनाएँ रहती है। दोपपूर्ण[2] अवयव के विफल होने पर उस भूल के लिए उत्तरदायी व्यक्ति तो अछूते बच रहते है और सैकडो निर्दोष व्यक्तियो को उसकी सजा भुगतनी पडती है। यही कारण है कि रासायनिक और भौतिक परीक्षण के बाद भी वास्तविक सेवा-काल में धातु का व्यवहार जानने के लिए परीक्षण किये

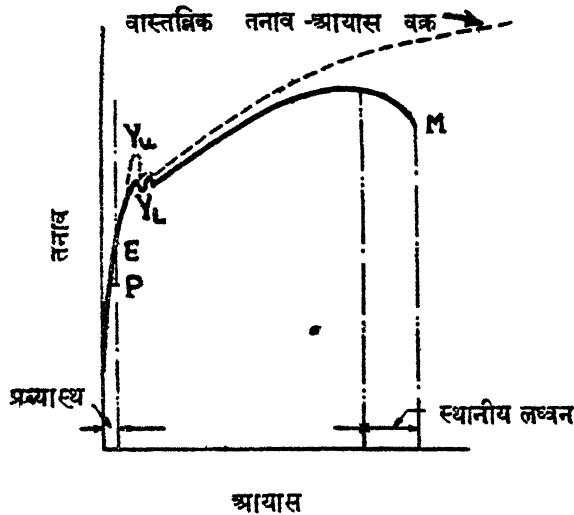
१. Data २ Components

जाते है। इन परीक्षणो पर हम निम्नलिखित दो भागों मे विचार कर सकते है—

(१) ध्वंसक परीक्षण

(२) अध्वसक परीक्षण

ध्वंसक परीक्षण

(१) वितान और संपीडन शक्ति—इस्पात के यांत्रिक परीक्षणों

चित्र ७६—तनाव आयास-रेखी

में वितान परीक्षण का सर्वाधिक उपयोग किया जाता है। इस परीक्षण द्वारा इस्पात की शक्ति और तन्यता के गुणों का ज्ञान एक साथ हो जाता है, जिससे प्ररचना के कार्यों में सहायता मिलती है। इस्पात के **प्रमाप**

प्रादर्श[1] के मध्य भाग को विधिवत् यंत्रित किया जाता है और उस पर दो हलके चिह्न निश्चित दूरी पर अंकित किये जाते है। परीक्षण यंत्र मे प्रादर्श को लगाकर धीरे धीरे भार मे उत्तरोत्तर वृद्धि की जाती है। वितान परीक्षण के परिणाम तनाव-आयास रेखी के रूप में अंकित किये जाते है। चित्र ७६ में मृदु इस्पात का तनाव-आयास रेखी[2] दिखाया गया है। रेखी मे प बिन्दु तक तनाव तथा आयास आनुपातिक अवस्था में रहने से सीधी रेखा प्राप्त होती है। यदि इस सीमा के भीतर किसी भी समय तनाव हटा लिया जाय तो आयास[3] भी समाप्त होकर प्रादर्श अपनी मौलिक विमा[4] प्राप्त कर लेता है। इसे "आनुपातिक सीमा" कहते हैं। इस समय तक प्रादर्श की विमाओं का स्थायी विरूपण नही होता।

आनुपातिक सीमा पार होने के पश्चात् इस्पात का यन्य बिन्दु[5] मिलता है जहाँ भार मे थोड़ी वृद्धि करने पर विरूपण शीघ्रता पूर्वक बढ़ता है। प्रादर्श की लम्बाई मे वृद्धि के साथ अनुप्रस्थ खंड क्रमशः लघ्वित हो जाता है और अंत में प्रादर्श टूट जाता है।

इस परीक्षण से इस्पात की वितान शक्ति के अतिरिक्त उसकी तन्यता का भी बोध होता है। टूटे हुए दोनों भागों को एक साथ मिलाकर अंकित चिह्नो के बीच की नवीन दूरी नाप ली जाती है और इस प्रकार दीर्घन की प्रतिशतता का अनुमान लगाया जाता है। क्षेत्रफल के लघ्वन से भी धातु की तन्यता का बोध होता है।

संपीडन तनावो का प्रभाव जानने के लिए रंभाकार प्रादर्शो पर संपीडन परीक्षण किया जाता है। बहुधा इस परीक्षण के लिए वितान परीक्षण यंत्र का, जिसमें वितान के स्थान पर प्रादर्श का पीड़न होता है, उपयोग किया जाता है।

१. Standard specimen २. Drawing ३. Strain
४. Dimension आयाम ५. Yield point

(२) **कठोरता**—किसी भी वस्तु के विरूपण[1] अवरोध को कठोरता कहते है। कठोरता मापन की अनेक रीतियाँ प्रचलित है। इनमें इस्पात की कठोरता ज्ञात करने के लिए निम्नलिखित तीन सिद्धान्त उपयोग मे लाये जाते है—

(१) इस्पात अवयव को प्रमाप रेती से खरोंचा जाता है। इस प्रकार रेती की तुलना मे इस्पात की कम या अधिक कठोरता का ज्ञान होता है।

(२) भली प्रकार सज्जित प्रादर्श को कठोर गोली अथवा हीरे के पिरामिड के संपर्क मे लाकर पूर्व निश्चित भार प्रयोजित किया जाता है और इस प्रकार बने निम्नन[2] की विमाओं को नापकर इस्पात की कठोरता का ज्ञान किया जाता है। ब्रिनेल और विकर्स पद्धति में क्रमश: प्रादर्श की सतह पर बने आरोपण का व्यास और विकर्ण नापकर इस्पात की कठोरता का अनुमान किया जाता है। इस्पात मे कठोरता की वृद्धि के साथ आरोपण की विमाएँ कम होती जाती हैं। ब्रिनेल परीक्षण में इस्पात की गोली और विकर्स परीक्षण मे हीरे का पिरामिड उपयोग में लाया जाता है। २४८ ब्रिनेल सख्या तक ब्रिनेल और विकर्स के वाचन[3] समान होते है। इससे अधिक कठोरता पर ब्रिनेल मशीन मे व्यवहृत गोली का विरूपण होने से बडा आरोपण[4] बनता है।

इस्पात की ब्रिनेल संख्या में ५०० का गुणा करने से इस्पात की औसत वितान शक्ति (पौंड प्रति वर्गइंच) प्राप्त होती है।

राकवेल कठोरता परीक्षण मे प्रादर्श की सतह पर बने आरोपण (निशान) की गहराई को नापा जाता है।

(३) शोर कठोरता परीक्षण में हीरक बिन्दु वाले अयोघन का

१. Deformation   २. Depression   ३. Reading
४. Impression

प्रादर्श की सतह से उत्प्लवन[1] देखकर कठोरता का अंदाज किया जाता है। यह यत्र बहुत छोटा होने के कारण कही भी सरलता से ले जाया जा सकता है और इसमे बने दन्त की परिमा बहुत छोटी होने के कारण इसका उपयोग समापित इस्पात अवयवो की कठोरता निकालने में किया जा सकता है।

(३) **श्रान्ति परीक्षण**—तनावों का लगातार सामना होने पर अनेक अवयव अपनी वितान-शक्ति-सीमा के बहुत पहले ही विफल हो जाते हैं। इस्पात मे विद्यमान सतह दोष, दरार इत्यादि के निकट तनावो का सान्द्रण होता है और इस प्रकार वितान शक्ति के लगभग ४५ से ५० प्रतिशत भार पर ही इस्पात विफल हो जाता है। श्रान्ति सीमा का पता लगाने के लिए भार-मुक्त प्रादर्श द्रुतगति से घूर्णित किया जाता है। पहले प्रादर्श मे अधिक भार रखकर पूर्वापर प्रादर्शों में उसे क्रमशः कम किया जाता है और एक करोड घूर्णन होने पर भी प्रादर्श को विफल न करनेवाले अधिकतम भार का पता लगाया जाता है। इसे प्रादर्श की 'श्रान्ति सीमा' कहते है।

(४) **संघात परीक्षण**—इस्पात की संघात-सहनशक्ति उसकी भगुरता अथवा चर्मलता का निर्देश करती है। कभी-कभी सशक्त इस्पात साधारण आकस्मिक धक्के से टूट जाते है। संघात-सहनशीलता का पता लगाने के लिए प्रादर्श पर निश्चित तीव्रता वाला आघात किया जाता है और प्रादर्श को तोडने में अवशोषित ऊर्जा के आधार पर संघात संख्या का अनुमान किया जाता है। संघात-परीक्षण के लिए चार्पी और आइजाड यंत्र उपयोग में लाये जाते हैं। चार्पी यंत्र में विभिन्न तापों पर संघात परीक्षण की सुविधा होने के कारण यह पद्धति अधिक लोकप्रिय होती जा रही है।

१. Rebounding

(५) **निसर्प परीक्षण**—उच्च ताप पर इस्पात का व्यवहार प्लास्टिक पदार्थ के समान हो जाता है और अपेक्षाकृत कम भार पर उसका दीर्घन होने लगता है। इस परिवृत[1] को निसर्प[2] कहते हैं। प्रादर्श को विद्युत फर्नेस मे निश्चित ताप पर रखा जाता है और उस पर निश्चित वितान भार प्रयोजित कर समय-समय पर उसका दीर्घन नापा जाता है। इस परीक्षण में कई घंटे, सप्ताह अथवा महीने लग सकते है। दस हजार अथवा एक लाख घंटो मे प्रादर्श का एक प्रतिशत दीर्घन करनेवाले तनाव को इस्पात की निसर्प शक्ति कहते हैं। उच्च ताप पर उपयोग मे आनेवाले इस्पातो के लिए इस परीक्षण का बहुत महत्त्व है।

उपर्युक्त परीक्षणों के अतिरिक्त कटोरन नति, अपघर्षण, अवमंदन, विमोटन इत्यादि गुणो का ज्ञान करने के लिए अलग-अलग प्रकार के उपकरणो की सहायता ली जाती है। प्रत्येक भिन्न अवयव के लिए उसकी सेवा के प्रकार्य को ध्यान मे रखते हुए अलग-अलग परीक्षण विधियाँ निर्धारित की गयी हैं। इन सबमे प्रमुख विचार यही रहता है कि वास्तविक सेवा मे जैसे और जितने प्रकार के तनावो का सामना होगा, उन सबका यथासंभव अनुमान लगाकर प्रयोगशालाओ मे परीक्षण किया जाय।

अध्वंसक परीक्षण

ध्वसक परीक्षण करने के लिए इस्पात के कुछ प्रतिनिधि आदर्श चुन लिये जाते है और उनको नष्ट कर विभिन्न गुणो का पता लगाया जाता है। अध्वंसक परीक्षणो द्वारा वस्तुओं के आकार-प्रकार मे बिना कोई परिवर्तन किये उनके अतर में छिपे दोषो का पता लगाया जाता है। ये दोष सेवा-काल मे असफलताओ को जन्म देते हैं।

१. Phenomena

२. Creep

(१) **किरण लेखन**—जिस प्रकार टूटी हड्डियो का पता एक्स-रे फोटो लेकर सरलता से लगाया जाता है, ठीक उसी प्रकार धातुओं की परीक्षा की जाती है। एक्स-रे अथवा गामा किरणो की सहायता से इस्पात के अन्तर में विद्यमान धमन छिद्र, दरारो इत्यादि का पता लगाया जाता है। दोषयुक्त भाग से आर-पार होनेवाली किरणों की तीव्रता अधिक होने से फोटो प्लेट में दोष की छाया उतर आती है। इस विधि का उपयोग सवपित[1], वेल्डित इत्यादि वस्तुओ के दोषों का पता लगाने के लिए किया जाता है।

(२) **चुम्बकीय परीक्षण**—इस्पात मे विद्यमान असंतानी[2] का पता लगाने के लिए चुम्बकीय परीक्षण किया जाता है। इस्पात के काय मे विद्यमान असतानी मे फ्लक्स का क्षरण होने के कारण उस स्थान मे चुम्बकीय कण चिपक जाते है और इस प्रकार दोष का निर्देशन करते हैं।

(३) **कर्णातीत परीक्षण**—इस्पात के काय मे दोषो का पता लगाने के लिए एक स्पन्दन मणिभ की सहायता से ध्वनि तरंगें दस लाख चक्र प्रति सेकड आवृत्ति पर भेजी जाती है। ये तरंगे इस्पात के काय मे से जाकर अभिमुख सतह द्वारा परावर्तित होती है और पुनः प्रारंभ करनेवाले मणिभ द्वारा ग्रहण कर ली जाती हैं। इन तरंगो की इस यात्रा में कुछ समय लगता है। बीच मे कोई दोष होने पर ये तरगें अपेक्षाकृत कम समय में वापिस लौट आती है। तरंगो के वापिस आने का समय इस्पात के काय में स्थित दोष अथवा असंतानी की दूरी पर निर्भर रहता है और दोलन लेखी में ककुद बन जाता है। इस परीक्षण का उपयोग इस्पात की बिलेटो[2] में दोषों का पता लगाने के लिए किया जाता है। स्पन्दन मणिभ को बिलेट की सतह पर चलाकर उसके अंतर मे विद्यमान दोष ढूँढे जाते है।

१. Cast

२. Billets

(४) **जिग्लो परीक्षण**—इस्पात के अवयव को विशेष वेधक द्रवो मे निमज्जित किया जाता है। उपर्युक्त वेधक द्रव इस्पात की सतह पर विद्यमान सूक्ष्म दरारों में भर जाता है। तत्पश्चात् इस्पात की सतह शुद्ध जल द्वारा धोकर सुखायी जाती है। अब सतह पर विशेष अवशोषक चूर्ण फैला दिया जाता है जो दरारों में भरे द्रव को ऊपर खीच लेता है। इस्पात अवयव को पारजम्बु प्रकाश मे देखने से ये दोष प्रतिदीप्त होते है।

इतनी कठिन परीक्षा के बाद इस्पात के विभिन्न अवयव उपयोग के लिए भेजे जाते हैं। जब उनसे काम लिया जाता रहता है तब भी समय समय पर उनकी यथोचित जाँच होती रहती है, जिससे उपयुक्त समय पर किसी भी त्रुटि का ज्ञान हो सके। तभी हम सभी विश्वासपूर्वक आधुनिक सुख-साधनो का उपयोग करते है।

पारिभाषिक शब्दावली

हिन्दी से अंग्रेजी

अ

अंतरबद्ध Interlocked
अतरानीक Interface
अंतरालीय Interstitial
अंतरावेश Inclusion
अंतर्भूत Inclusive; things included
अंतहीन शृखला Endless chain
अंश Content; degree
अकलुष इस्पात Stainless steel
अकेलास Amorphous
अक्रिय Inert
अचर Constant
अक्ष Axis
अण्वीक्ष (सूक्ष्मदर्शी) Microscope
अति छादन Over-lapping
अति तप्त Super-heated
अत्यन्तता Intensity
अत्य सुद्राव Hyper eutectoid
अध: वृहदन्ती Big-end-down
अदह Asbestos
अधर Lower
अधस्तल Sub-surface
अध:स्थल Under ground
अधोगमन Subsidence
अधोगामी Down-comer
अधोवाप Hopper
अनाकार (दे० अकेलास) Amorphous
अनीलन (दे० 'अभितापन') Annealing
अनुकलित Integrated
अनुप्रस्थ खड Cross Section
अनुमापन Titration
अनुरेख प्रवेग Linear velocity
अनुस्थापन Orientation
अपकेंद्र उदंच Centrifugal pump
अप-खडन Stripping
अपघर्षक Abrasive
अपघर्षण Abrasion
अपचयन Reduction
अपनेय Removable
अपर रूप Allotropic

अप वहन Disposal
अपारदर्शी Opaque
अभिनवीकरण Modernization
अभिकर्त्ता Agent
अभितापन Annealing
अभिनत Inclined
अभिमुख Opposite
अभिलेखन Record
अभिशीतन Chilling
अभ्यानम्य Tilting
अम्ल मार्जन Pickle
अयस्क Ore
अयोघनन Hammering
अरब Billion
अर्ध इस्पात Semi-steel
अर्ध हत Semi-killed
अर्हता Quality
अवकरण (अपचयन) Reduction
अवक्षेप्र Precipitate
अवतल Concave
अवपातक Pit side
अवपातन (ढलन प्रपूरण) Teem
अवमन्दन क्षमता Damping capacity
अवमूल्यन Devaluation
अवरोहण Descending
अशुद्ध Impure
अश्रिबिन्दु Critical point
अष्ट फलकीय Octahedral
असंततता, असांतत्य Discontinuity
असीवन Seamless

आ

आकार Shape
आकारन Shaping
आकुंचन Shrinkage
आकुल प्रवेग Turbulent velocity
आक्सीकरण Oxidation
आखुरण Scratch
आग्नेय Igneous
आघात Shock
आदहन Charring
आदा Input
आदि धातु Native metal
आधिक्य Excess
आधेय Content
आनम्य Flexible
आन्तरक Core
आन्तरिक Internal
आन्दोलन Campaign
आयतन Volume
आयास Strain
आयुध Ordnance

आरोपण Impression
आलेख Graph
आलेखन Plot
आवर्त सारणी Periodic Table
आवासित Fettle
आवृत्ति Frequency
आवेजक, उत्प्रेरक Catalytic
आशय Pool
आश्चोतन Trickle
आसंग (संसंजन) Cohesion
आसटेम्परन Austempering

इ

इन्गट, पिंडक, सिल Ingot
इन्गटन Ingotism
इलेक्ट्रानिक पुर्नविन्यास Electronic rearrangement
इष्टिका Briquette
इस्पात Steel

ई

ईंधनी, दे० ऐंधनी

उ

उग्र Wild
उच्चंड Drastic
उतपत पदार्थ Volatile matter
उतल Convex
उत्ताप दीप्त Incandescent
उत्तिज Sharpner
उत्पाद Products
उत्पादन Production
उत्प्रेरक Catalytic Agent
उत्प्लवन Rebound
उदंच (पंप) Pump
उदर Bosh
उदग्र Vertical
उदच्छेद Hydrolysis
उद्जन Hydrogen
उद्जनन Hydrogenation
उद्विच्छेदन Hydrolysis
उद्ध Top
उद्धावन Flushing
उन्नयन Raising, upgrading
उन्मोचन Relieving
उपकृति Beneficiation
उपक्रम (प्रकार्य) Operation
उपचार Treatment
उपजात Bye-product
उप सुद्राव Hypo-eutectoid
उपाधीयन Conditioning
उभय धर्मा Amphoteric
उषंकरी अर्हा Calorific Value

ऊ

ऊर्ध्वपातन Sublimation
ऊर्ध्व वृहदन्ती Big end up
ऊर्ध्वाधरतः Vertically

ऊची पटरी High Lines
ऊर्ध्वग Uphill
ऊष्मा Heat
ऊष्मीय अर्हा Calorific Value

ए

एकत्रन Segregation
एकभाजित इस्पात Single sheer steel
एकरेखन Alignment
एकान्तरिक Alternate
ऐंधनी Fuel technology

ओ

ओघ Ampere
ओर, अयस्क Ore
ओवन Oven
ओषक, केलरी Calorie
ओषिद Oxide
ओष्ठ Spout

औ

औजार Tool

क

कंटाग्र Pointed
कंदुकन Balling
ककुद Hump
कटलरी Cutlery
कटोर Cup
कटोर और शकु विन्यास Cup and cone arrangement
कड़ापन Stiffness
कण Grain
कपिशु (बभ्रु) Brown
करण Formation
करोटि Skull
कर्णातीत Supersonic
कर्तन Cutting
कर्पर Shell
कर्मक Works
कर्षुक (चुम्बक) Magnet
कला Phase
कला विन्यास Mechanism
कवच Armour, shell, shield
कवर Cover
काति लोह Cast Iron
काछना Skim
काय Body
कार्बनमय Carboneous
कार्यन Working
कालर Collar
काशिकीय (दे० प्रकाशकीय)
किरण लेखन Radiography
कुडलित Coiled
कुंभ Bath
कूटना, मूसल Ram

कृतता Finish
केन्द्रापग उदंच, अपकेन्द्र पंप Centrifugal pump
केलरी Calorie
केस Case
कोटर Cavity
कोटि Ordinate
कोर Core
कोण Corner
क्रम्य Graded
क्षमता, धारिता, समाई Capacity
क्षरण Leakage
क्षारण Rusting
क्षिप, वायुनल, (वायुछिद्र) Tuyere, twyer
क्षेप्य Scrap
क्षैतिज Horizontal
क्षोद या चूर्ण Powder

ख

खनन योग्य, खननीय Workable
खनिज तेल Mineral Oil
खपत Consumption
खर्जु Scab
खाँचा Groove, nick

ग

गंधकीय Sulphide
गंधकहरण Desulphurization
गन्त्री Motor Car
गरम हानित Hot short
गलनांक Melting point
गवेषणा Research
गाढ़ Intimate
गालनी Filter
गुटका Block
गुरु उद्रेखन Deep drawing
गुहा Cavity, Hole
गैंग Gangue
गोलाभन Spheroidization
गौण Secondary
गौण पाइप Secondary Pipe
ग्राहक Catcher

घ

घटक Constituent, Factor
घनाकार Cubic
घरिया, मूषा Crucible
घाण Batch
घुमावदार Swirling
घूर्णन Rotation
घृष्णा Abrasion

च

चंचलता Mobility
चक्र Cycle
चक्रक्रम Cyclic
चक्रण Circulation

चरण Stage
चर्मलता Toughness
चल यंत्र Locomotive
चलित्र Motor
चलिष्णुता Mobility
चानक, ईषा Shaft
चाप Arc
चाप रूप Arched
चार्ज (प्रभार) का सज्जन Preparation of charge
चाल Speed
चालकता Conductivity
चित्र Diagram
चुबक (कर्षुक) Magnet
चूचुक Nipple
चूर्ण (क्षोद) Powder
चैकर Checker
चोया Mill Scale

छ

छदिका Hood
छर्रो Coke breeze
छालित (छालेयुक्त) इस्पात Blister Steel
छीजन Drass

ज

जमाव Deposit
जव Speed
जस्ताबरन Galvanizing
जस्ताबरित Galvanized
जारण Roasting
जैव Organic
जैविकी Biology
जोड़ Joint
ज्यामिति Geodesy
ज्वालक Burner

ट

टाँकन Soldering
टिकिया, इष्टिका Briquette
टूल, औजार Tool
टेम्परिंग Tempering
टेढ़ा होना Warp
ट्रनियन Trunnion
ट्रान्सफार्मर Transformer

ढ

ढलन Team
ढेले Lumps

त

तदूर Hearth
तज्ज्ञ Expert
तत्परता Efficiency
तनु Dilute
तन्यता Ductility

तन्य बल Tensile strength
तरलक Liquidus
तरलता Fluidity
तरस्व Power
तरस्व विनियोग Power Consumption
तल तनाव Surface Tension
तल्य Pad
तापद, उष्माक्षेपक Exo-thermic
तापोपचार Heat Treatment
तारकोल Tar
तालिका Table
तुरही Trumpet
तेजोद्गिरण Radio active
त्रपु Tin
त्वरण Acceleration
दंतन, दंतुरीकरण Indentation
दक्षता Efficiency
दत्त, न्यास Data
दबाव Pressure
दबाव वेल्ड Pressure weld
दल Ion
दलन Crushing
दहन Combustion
दीपन Lighting
दीप्त Luminous
दीर्घन Elongation
दुर्गम Intricate
दोलन लेखी Oscilloscope
द्रावक, द्रावकर्ता Melter; Flux
द्रावित Fluxed
द्वितीयक Secondary
द्विभाजित इस्पात Double sheer steel
द्वियोगन, द्वैधन Duplexing

ध

धरणी, धरन Beam
धातुकी, धातु विज्ञान Metallurgy
धारक Catcher
धारा Current
धारिता, समाई Capacity
धारियाँ Flakes
धावक Runner
धूसर Gray

न

नम्र लोह Mild steel
नाड Pipe
नार्मलन (दे० सामान्यीकरण)
नावीय योधन सज्जा Naval Armament
नास्ति Negative
निक्षेप Deposit
निग Plug
निगमन Deduction

नितल Bottom
निप्रथन Dissipation
निमज्जित Immersed
निम्नतम Minimum
नियमन Regulation
निरेख Drawing
निरेखित Etched
निर्माणिका, निर्माणी Factory
निर्यासिन Stick
निर्वात Vacuum
निर्वापण Quench
निलम्बित Suspended
निष्कलंक (अकलुष) इस्पात Stainless Steel
निष्क्रमण Outlet
निष्पत्ति Efficiency
निसर्प Creep
निसादन Sedimentation
निष्क्रसन Ejection
निस्तप्त Calcined
निस्तापन Calcination
निस्फुरण Dephosphorisation
निस्सारण Extraction
निस्यन्द Filtrate
नील भंगुर परास Blue, Brittle Range
नीलमुद्र Blue Print

न्यंच Pump
न्यादर्श Sample
न्यास, दत्त Data

प

पंक गन Mud gun
पंजर Skeleton
पटल Film
पटलित Laminated
पट्ट Plate
पट्टी Strip
पद (चरण, प्रक्रम) Stage
पद्यहित, संपिण्डित Consolidated
परावर्त Reflect
परास Range
परिगणन Calculation
परिघाटन Fabrication
परिणामक Transformer
परिदृढ़ Rigid
परिद्रवण Peritectic
परिधि Circumference
परिपात Precipitate
परिपातन, अवक्षेपण Precipitation
परिबन्ध Boundry
परिभ्रमण, घूर्णन Rotation
परिमन्द, अवमन्द Damp
परिमा Size

परिमापन Estimate
परिरक्षक Shield
परिवर्तक Converter
परिवर्त बिन्दु Transformer point
परिवर्ती धारा Secondary Current
परिवेध Bore
परिवृत Phenomena
परिव्यय Cost
परिष्करण Dressing
परिष्करणी Refinery
परिसस्था Association
परिसर, परास Range
परीक्षण Test
पल्वल Pool
पादप (सयत्र) Plant
पारजम्बु Ultra voilet
पारण Passage
पारद Mercury
पार्श्व Side
पाशन Entrapping
पिड Cake
पिगन Pigging
पिग लोह Pig Iron
पिटवाँ लोह Wrought Iron
पिरामिड Pyramid
पीड Press
पीडन Pressing
पुजोत्पादन Mass production
पुनरापण Recuperating
पुनराप्त्र Recuperator
पुनरुत्पादित Reproduced
पुनर्कार्बिनीकरण Recarburization
पुनर्कार्विनन Recarburization
पुनर्ग्रहण Recovery
पुनर्जनक Regenerator
पुनर्जनन Regeneration
पुनर्दीप्तन Recalesence
पुनःफास्फरन Rephosphorization
पुनर्विन्यास Rearrangement
पुनस्स्फुरण Rephosphorisation
पुराजीव Fossil
पूतीकरण Purification
पूर्णता Perfection
पूर्वापर Successive
पृष्ठवंशी Vertebrate
पैंक Pack
पोर्ट Port
प्रकार Type
प्रकार्य Operation

प्रकाश सेल Photo Cell
प्रकाशीय Optical
प्रकृति Character
प्रक्रम Stage
प्रक्षालन Washing
प्रक्षोभ Agitation
प्रघाटन Fabrication
प्रजाल Lattice
प्रतिकर्षित Repelled
प्रतिक्रम Pattern
प्रतिमान Standard
प्रतिमानित Standardized
प्रतिरूप Pattern
प्रतिस्थापन Replace
प्रत्यक्ष Practical
प्रत्यादान Recovery
प्रत्यावर्ती धारा Alternating Current
प्रथमावस्था Initial
प्रदा Output
प्रदाय Feed
प्रदाय शिर Feeder Head
प्रदेश Zone
प्रद्रावण Smelting
प्रधि Rim
प्रधूनन विधि Puddling Process
प्रपूरण Teem
प्रभरण Charging
प्रभार Burden; charge
प्रमाप Standard
प्रमापण (मानकीकरण) Standardization
प्रयुत Million
प्रयुति Micro
प्रयोजन Purpose
प्रयोजित Applied
प्ररचन; प्ररूपण Designing
प्रवरण Selection
प्रवर्त्तक पदार्थ Catalytic Agent
प्रवात भट्टी Blast Furnace
प्रवाह चित्र Flow Sheet
प्रविधि Technique
प्रवेग Accelaration, Velocity
प्रस्तर Bed
प्रस्तरीभूत Stratified
प्रस्थाणु Tower
प्रांतर आयाम Gauge length
प्राकृतिक शक्तियाँ Natural Agencies
प्राथमिक Primary
प्राथमिक धारा Primary Current
प्रादर्श Specimen
प्राविधिक Technical
प्रास्थिति Status

प्रेरक Force, Induction
प्रेरण Pressure
प्रेषण Transmission
प्रोथ, तुड Nozzle
प्रौद्योगिक Technical

फ

फलक Face
फर्नेस Furnace
फास्फरहरण, निस्स्फुरण Dephosphorization
फिल्म Film
फेन Foam
फ्लक्स, स्यंद Flux

ब

बंधुक Binder
बजरी Coke Breeze
बनाव Formation
बनावट Structure
बभ्रु Brown
बभ्रु रंग Amber Colour
बल Strength
बहुतलीय Polyhedral
बाजू Side
बिन Bin
बिलेट Billet
बिल्लौरी पत्थर Quartz
ब्रि० उ० मा० British Thermal Unit
बीड़ Cast Iron
बुझाना Quench
ब्लूम Bloom

भ

भंग Fracture
भंगुर; भञ्जनशील Brittle
भँवर धारा Eddy Current
भार Weight, burden
भारी खनिज तेल Heavy mineral oil
भारी माध्यम विलगन Heavy media separator
भित्ति Wall
भूकम्पलिख Siesmograph
भूगत Earthed
भूभौतिकी Geophysics
भूमिति Geometry
भूरसायन Geochemistry
भूयुक्त Earthed
भेद्यता Permeability
भौतिकी Physics
भौमिकी Geology
भौमिकीय Geological

म

मंचक Platform

मडना Layout
मंडल Zone
मज्जक Plunger
मध्यवर्ती Interim
मणिभ Crystal
मणिभीकरण का पानी Water of crystallization
मणिभीय Crystalline
माडणी Layout
मापक Meter
मापनी Scale
मारटेम्परन Martempering
मिल स्केल Mill Scale
मिश्रक Mixer
मुख Opening
मुद्र Print
मूषा Crucible
मूसल Ram
मेन्ड्रिल Mandril
मेलीय तत्त्व Alloying elements
मोर्चा लगना Rusting

य

यन्य बिन्दु Yield point
यन्त्रीकरण Mechanization
यन्त्रन Machining
यमन (दे० नियमन)
यव परिमा Grain Size
यशदीकरण, जस्ताबरन Galvanizing
यशद लोह Galvanized Iron
यान्त्र वार्तकी, यान्त्रिक आभियांत्रिकी Mechanical Engineering
यौगिक Compound

र

रंध्री Porous
रक्त-तप्त Red hot
रचक Component
रचना Construction
रचिति Structure
रम्भाकार Cylindrical
राष्ट्रीय धातुकीय अनुसंधानशाला National Metallurgical Laboratory
रासायनिक संगठन Chemical Composition
रासायनिक समास Chemical Composition
रूढ़ विधि Conventional method
रूपान्तर बिन्दु Transformation point
ऋणद्वार Cathode
रेखन Diagram
रेखी Drawing

रेडियोसक्रिय Radio Active
रेती File
रेशे Fibres
रोध, रोधन Resistance
रोध, रोधक Resistant
रोमश Hair Line

ल

लंगर Anchor
लक्षण Feature
लघूयन Relieving
लघ्वन (अपचयन, अवकरण) Reduction
लब्धि Yield
लास Lance
लागन Application
लिगनाइट Lignite
लेपी Pasty
लोष्ट Lumps

व

वग, त्रपु Tin
वरीवर्त Turbine
वर्ग Group
वर्चसीय Potential (energy)
वर्णक्रमदर्शी Spectroscope
वर्तिकाए Fibres
वर्तुल Globules
वलयाकार Ring-shaped
वलित Wrinkled
वलिमत, पनारीदार Corrugated
वयस्थापन (वय: काठिन्य) Age-hardening
वस्तु Matter
वाचन Reading
वातयम Damper
वातीय, वाय्वीय Pneumatic
वायुचाप Atmosphere
वायुनल (क्षिप) Tuyere
वाल्व Valve
वाष्पवरीवर्त Steam Turbine
वाष्पशील Volatile
विकर्ण Diagonal
विकर्षण Distortion
विकार Strain
विकेन्द्रित Eccentric
विक्षय Erosion
विक्षेपण Deflecting
विघर्षण Wear
विचलन Deflection
विचरण Variation
विचूर्णक, मणिभ Crystal
विच्छेदन Electrolysis
विजवन Retardation
विजालक Filter
विजातीय Gangue

वितान बल Tensile Strength
विदोहन Exploitation
विद्युत चुम्बकीय Electromagnetic
विद्युतीय नेत्र Electric eye
विद्युदग्र Electrode
विधि Process
विंच Winch
विन्यास Arrangement, structure
विबंधन Decomposition
विभंग Fault, Fracture
विभंजन Break-down
विमध्य Eccentric
विमा Dimension
विमोटन Torsion
वियवन Dissociation
वियुक्तक Separator
विरामदंड Stopper rod
विरूपण Deformation
विलग-कर्त्ता; विलगकारक, विलगकारी Separator
विलगन Separation
विलयन Solution
विलायित संधि (संधानित ज्वाइंट) Welded joint
विलीन Merge
विलोड़न Stirring
विवर Opening, Fissure
विवर्त्ता Trunnion
विवृत Open
विशालन Magnification
विशेषिका Specification
विषमांग Heterogeneous
विसरण Diffusion
विस्तार Extent
विस्थापन Displacement
वीज, विद्युत Electricity
वृत्ति Practice
वेगस्वी Possessing high speed
वेगीय शक्ति Kinetic Energy
वेल्डन (दे० संधान) Welding
वेल्ल Reel
वेश्म Chamber
वैज वार्तकी Electrical Engineering
वैम Dimension
वोल्टता Voltage
व्यध Drill
व्यय, खपत Consumption
व्यवहार्य Practical
व्युत् क्रमिक Reciprocating

श

शंकु Cone

शंकु और कटोर विन्यास Cone and Cup arrangement
शक्ति Power
शक्ति मद्यसार Power Alcohol
शीकरन Spraying
शीतलन Cooling
शीतलह्रानित Cold short
शीर्ष Top
शीर्ष स्फरित Big-end-up
शुष्कन Drying
शेष सिलिकन Residual silicon
शोधन Refining
शोधनी Refinery
श्रेणी Series
श्यान Viscous
श्लिष Gelatinous

स

संकणन Flocculation
संकालन Addition
संकिर, संकिरण Rake
संकुल Complex
संकेन्द्रण Concentration
संकेन्द्रित Concentric
संकेत Signal
संक्षयित करना Corrode
संक्षय Corrosion
संक्रमण काल Transition Period
संख्यायन, साख्यिकी Statistics
संग्रह Collection
संघटक Constituent
संचय Stock
संजटित Complicated
सतनन (अखंडता) Continuity
संतल Level
सतुलन Balancing
संतृप्त Saturated
सत्वर Prompt
सधर Clip
सधानी, संधानक Foundry
संधार Frame
संधारण Maintenance
सधि Joint
संपरिवर्तन Modification
संपिडन Solidification
संपीडन शक्ति Compressive strength
संपीडित Compressed
संपुँज Sinter
संप्लवन Sublimation
संभरण Supply
समर्द्दन Crushing
संमुद्रण Sealing
संयंत्र Plant
संयुक्त Integrated

संरचना Structure
संवपन Casting
सवह, रेडियो Radio
सवेद्य ऊष्मा Sensible heat
संवेष्टन Packing
सशोधन Modification
संश्लेषण Synthesis
संहति Mass, System
सघन Dense
सज्जन Preparation
सधातु Metalliferrous
समंजन Adjustment
समतल Plane
समतापीय Isothermal
समधिक Additional
समवरोध Block
समांगता Homogeneity
समास Formula; Composition
समित्र Plane
समूह Group
समृद्ध Rich
सरस Amalgam
सर्पिल Helix
सर्वेक्षण Survey
सविराम Intermittent
सांद्र Concentrated
सांद्रण Concentration
सांद्रीकरण Solidification
साद Sinter
सादन प्रकार्य Sintering operation
सावित्र Apparatus
सापेक्ष Relative
सामान्यीकरण Normalisation
सारणी Table
सिघ्म Pitch
सीमा Boundry
सीमेंटन Cementation
सीवन Seam
सुखनिज, अयस्क Ore
सुघट्य Plastic
सुतथ्यत. Accurately
सुद्रवण Eutectic
सुद्राव Eutectoid
सुवाष्पी पदार्थ Volatile matter
सुषिर जीव Sponge
सुषिरत्व Porosity
सुषिर Hollow
सुस्यन्द Viscous
सुहागा Borax
सूक्ष्म भाजित Finely divided
सृप Slide
सेचन Sprinkling

सैत (जनपद) आभियंत्रिकी Civil Engineering
सैथिल्य Hysterisis
सोल्डरन, टाँकन Soldering
स्नुव परीक्षण Spoon-test
स्कन्द, कमानी Spring
स्केब (खर्जु) Scab
स्केल्प Skelp
स्तम्भ Pillar
स्तर शास्त्र Stratiography
स्तरीभूत Stratified
स्थितिज Potential (energy)
स्थात्र Station
स्थानीय Local
स्थूल Course, Macro
स्थैर्य Stability
स्निग्धीकरण तेल (स्नेहक) Lubricating Oil
स्पदन Vibration
स्फट Crystal
स्फटिक Quartz
स्फुरण Phosphorisation
स्यद (फलक्स, द्रावक) Flux
स्रावण Distillation
स्रोत Source
स्वयमेव Automatically
स्वाग्रह Elasticity

ह

हत इस्पात Killed steel
हनु Jaw
हलका Relieve
हस्तन Handling

पारिभाषिक शब्दावली

अंग्रेजी से हिन्दी

A

Abrasion घृष्णा, अपघर्षण
Abrasive अपघर्षक
Acceleration (प्रवेग), त्वरण
Accurately सुतथ्यत
Addition सकालन
Additional समधिक
Adjustment समजन
Age-hardening वयःकाठिन्य
Agent अभिकर्त्ता
Agitation प्रक्षोभ
Air-conditioned वातानुकूलित
Alignment एकरेखण
Alternate एकान्तरिक
Alternating Current प्रत्यावर्ती धारा
Allotropic अपररूप
Amalgam संरस
Amber-Colour बभ्रु रग
Amorphous अकेलास, अनाकार
Ampere ओध, द्युवहि
Amphoteric उभयधर्मा
Anchor लगर
Annealing अभितापन
Apparatus साधित्र, उपकरण
Application लागू करना या होना
Apply प्रयोजित करना, लगाना
Arc चाप
Arched चापरूप
Armour कवच
Arrangement विन्यास
Asbestos अदह्
Association परिसस्था
Atmosphere वायुचाप
Austempering आसटेम्परन
Automatically स्वयमेव
Axis अक्ष

B

Balancing सन्तुलन
Balling कन्दुकन
Batch घाण
Bath कुंभ
Beam धरणी, धरन
Bed प्रस्तर

Beneficiation उपकृति
Big-end-down अधः बृहदन्ती, नितल स्फारित
Big-end-up ऊर्ध्व बृहदन्ती, शीर्ष स्फारित
Billet बिलेट
Billion अरब
Bin बिन
Binder बधुक
Biology जैविकी
Blast Furnacc प्रवात भट्टी
Blister Steel छाले युक्त इस्पात
Blistered Steel छालित इस्पात, छाले युक्त इस्पात
Block समवरोध, गुटका
Blue Brittle Range नील भगुर परास
Blue Print नील मुद्र
Body काय, पिंड
Borax सुहागा
Bore परिवेध
Bosh उदर
Bottom नितल
Boundry परिबन्ध, सीमा
Brazing ब्रेजिंग
Break-down विभजन
Briquette टिकिया, इष्टिका
British Thermal Unit ब्रिटिश ऊष्मामापक
Brittle भंजनशील, भंगुर
Brown बभ्रु, कपिश
Burden भार, प्रभार
Burner ज्वालक
Bye-product उपजात

C

Cake पिंड
Calcination निस्तापन
Calcined निस्तप्त
Calculation परिगणन
Calorie केलरी, ओषक
Calorific Value ऊष्म दायकता, उषकरी अर्हा, ऊष्म अर्हा
Capacity धारिता, समाई, क्षमता
Carbon कार्बन
Carbonaceous कार्बनमय
Case केस
Case Carburize केस-कार्बनित
Campaign आन्दोलन
Casting संचपन
Cast Iron बीड़, कान्ति लोह
Catalytic Agent प्रवर्त्तक पदार्थ, आवेज्ञक, उत्प्रेरक
Catcher ग्राहक, धारक
Cathode ऋण द्वार

Cavity कोटर, गुहा
Cementation सीमेन्टन
Centrifugal Pump अपकेंद्र उदंच (पम्प)
Chamber वेश्म
Char आदहन
Character प्रकृति
Checker चैकर
Chemical Composition रासायनिक सगठन, रासायनिक समास
Chilling अभिशीतन
Circulation चक्रण
Circumference परिधि
Civil Engineering (सैत वार्तकी, जानपद आभियान्त्रिकी)
Clip सधर
Coarse स्थूल
Cohesion आसग, संसजन
Coiled कुंडलित
Coke Breeze बजरी, छर्री
Cold Short शीतलहानित
Collar कालर
Collection संग्रह
Combustion दहन
Complicated सजटित
Complex संकुल

Composition समास
Compound यौगिक
Compressive Strength संपीडन शक्ति
Concave अवतल
Concentrated सान्द्र
Concentration सान्द्रण, संकेन्द्रण
Concentric सकेन्द्रित
Conditioning उपाधीयन
Conductivity चालकता
Cone शंकु
Cone and Cup arrangement शकु और कटोर विन्यास
Consolidated पद्यहित
Constant अचर
Constituent घटक, सघटक
Construction रचना
Consumption व्यय, खपत
Content आधेय, अश
Continuity (सन्तनन), सांतत्य, निरन्तरता, अखंडता
Conventional Method रूढ विधि
Convex उतल
Cooling शीतलन
Core कोर, आन्तरक
Corner कोण

Corrode सक्षय (सक्षयन)
Corrosion सक्षारण, (सक्षय)
Corrosive सक्षारित
Corrugated वलिमत् (पनारीदार)
Cost परिव्यय
Cosmigony उत्पत्ति शास्त्र
Covering आवरण, आच्छादन
Creep निसर्प
Critical Point अश्रिविन्दु
Cross Section अनुप्रस्थ खंड
Crucible घरिया, मूषा
Crushing दलन, समर्दन
Crusher विचूर्णक
Crystal मणिभ, स्फट
Crystalline मणिभीय
Cubic घनाकार
Cup कटोर
Cup and Cone arrangement कटोर और शंकु विन्यास
Current धारा
Cutlery कटलरी
Cutting कर्तन
Cycle चक्र
Cyclic चक्रक्रम
Cylindrical रम्भाकार

D

Damp परिमन्द, अवमन्द
Damper वातयम
Damping-Capacity अवमन्दन क्षमता
Data दत्त, न्यास
Decomposition विबन्धन
Deduction निगमन
Deep Drawing गुरु उद्रेखन
Deflection विक्षेपण, विचलन
Deformation विरूपण
Degree अंश
Dense सघन
Dephosphorization नि.स्फुरण
Deposit निक्षेप, जमाव
Descend अवरोहण
Design प्ररचन, प्ररूपण
Desulphurization गंधकहरण
Devaluation अवमूल्यन
Diagonal विकर्ण
Diagram रेखी-चित्र
Diffusion विसरण
Dilute तनु
Dimension विमा, वैम
Dis-continuity असततता, असांतत्य
Displace विस्थापन
Disposal अपवहन
Dissipation निप्रथन

Dissociation वियवन
Distillation स्रावण
Distortion विकर्षण
Double Sheer Steel द्विभाजित इस्पात
Down-comer अधोगामी
Drass छीजन
Drastic उच्चण्ड
Drawing रेखन, निरेख, उद्रेखन
Dressing परिष्करण
Drill व्यध
Drying शुष्कन
Ductility तन्यता
Duplexing द्वियोगन, द्वैधन

E

Earthed भूगत, भूयुक्त
Eccentric विकेन्द्रित, विमध्य
Eddy-Current भँवर-धारा
Efficiency तत्परता, निष्पत्ति, दक्षता
Ejection निष्कासन
Elasticity स्वाग्रह
Electrical वैद्युत, वैज
Electric Eye विद्युतीय नेत्र
Electricity वीज, विद्युत्
Electrode विद्युदग्र
Electrolysis विद्युत् विच्छेदन
Electro-magnetic विद्युतचुबकीय
Electronic rearrangement इलेक्ट्रानीय पुनर्विन्यास
Elongation दीर्घन
Endless अन्तहीन
Endless-Chain अन्तहीन शृखला
Energy शक्ति
Entrap पाशन
Erosion विक्षय
Estimation परिमापन
Etching निरेखन
Eutectic सुद्रवण
Eutectoid सुद्राव
Evolution निकास; विकास
Excess आधिक्य
Expert तज्ज्ञ
Exploitation विदोहन
Extent विस्तार
Extraction निस्सारण

F

Fabrication प्रघाटन, परिघाटन
Face फलक
Factors घटक
Factory निर्माणिका, निर्माणी
Fault विभंग
Feature लक्षण
Feed प्रदाय

Feeder Head प्रदाय शिर
Fettle आवासित
Fibres वर्तिकाएँ, रेशे
File रेती
Film फिल्म, पटल
Filters विजालक, गालनी
Filtrate निस्यन्द
Finely divided सूक्ष्म भाजित
Finish कृतता
Fissure विवर
Flakes धारियाँ
Flexible आनम्य
Flocculation सकणन, लोष्टन
Flow sheet प्रवाह चित्र
Fluidity तरलता
Flushing उद्धावन
Flux फलक्स, स्यन्द, द्रावक
Foam फेन
Force प्रेरक
Forging ताप कुट्टन
Formation करण, बनाव
Formula समास
Fossil पुराजीव
Foundry संधानी
Fracture भग, विभग
Frame संधार
Frequency आवृत्ति
Fuel Technology इन्धनी, ऐंधनी
Fumes धूम
Furnace फर्नेस, भट्ठी

G

Galvanized Iron जस्ताबरित, लोह
Galvanizing जस्तांबरन, यशदीकरण
Gangue गैंग, विजातीय
Gauge length प्रास्तर आयाम
Gelatinous श्लिष
Geo-chemistry भूरसायन
Geodesy ज्यामिति
Geological भौमिकीय
Geology भौमिकी
Geometry भूमिति
Geophysics भूभौतिकी
Globule वर्तुल
Grade श्रेणी
Graded क्रम्य
Grain कण
Grain Size यवा
Graph आलेख
Gray धूसर
Groove खाँचा
Group वर्ग, समूह

H

Hair line रोमश

Hammering अयोघनन

Handle हस्तन

Hearth तदूर ,

Heat ऊष्मा

Heat Treatment तापोपचार

Heavy media separation माध्यम विलगन, भारी

Heavy mineral oil भारी खनिज तैल

Helix सर्पिल

Heterogeneous विषमांग

High lines ऊँची पटरी

Hole गुहा

Hollow सुषिर

Homogeneity समांगता

Hood छदिका

Hopper अधोवाप

Horizontal क्षैतिज

Hot short गरम हानित

Hump ककुद

Hydrogen उदजन, हाइड्रोजन

Hydrogenation उदजनन,

Hydrolysis उदच्छेद, उद्भिच्छेदन

Hyper eutectoid अत्य सुद्राव

Hypo eutectoid उप सुद्राव

Hysterisis शैथिल्य

I

Igneous आग्नेय

Immersed निमज्जित

Impression आरोपण

Impure अशुद्ध

Incandescent उत्तापदीप्त

Inclined अभिनत

Inclusion अन्तरावेश, अन्तर्मूर्त

Indentation दन्तन, दंतुरीकरण

Induction प्रेरक

Inert अक्रिय

Ingot इन्गट, पिंडक, सिल

Ingotism इन्गटन

Initial प्रथमावस्था

Input आदा

Integrated संयुक्त, अनुकलित

Intensity अत्यन्तता

Interface अन्तरानीक

Interim मध्यवर्ती

Intermittent सविराम

Internal आन्तरिक

Interstitial अन्तरालीय

Intimate गाढ़

Intricate दुर्गम

Ion दल

Isothermal समतापीय

J

Jaw हनु
Joint संधि, जोड

K

Killed steel हत इस्पात
Kinetic Energy वेगीय शक्ति (गतिज्ञ ऊर्जा)

L

Laminated पटलित
Lance लान्स
Land स्थल
Lattice प्रजाल
Lay-out मडना, माडणी
Leakage क्षरण
Level संतल
Lighting दीपन
Lignite लिगनाइट
Linear velocity अनुरेख प्रवेग
Liquidus तरलक
Local स्थानीय
Locomotive चलगंत्र
Lower अधर
Lubricating oil स्निग्धीकरण तैल, स्नेहक
Luminous दीप्त
Lumps ढेले, लोष्ट

M

Machining मत्रन
Macro स्थूल
Magnet चुबक, कर्षुक
Magnification विशालन
Maintenance सधारण
Mandrel मेन्ड्रिल
Martempering मारटेम्परन
Mass सहृति
Matter वस्तु
Mechanical Engineering यान्त्र वार्तकी, यान्त्रिक आभि-यान्त्रिकी
Mechanism कला विन्यास
Mechanization यन्त्रीकरण
Melter द्रावक
Mercury पारद
Merge विलीन
Metalliferous सधातु
Metallurgy धातुविज्ञान, धातुकी
Meter मापक
Method रीति
Micro प्रयुति
Microscope अण्वीक्ष, सूक्ष्मदर्शी
Million प्रयुत
Mill scale मिलस्केल, चोया
Mineral oil खनिज तैल

Minimum निम्नतम
Mixer मिश्रक
Mobility चचलता, चलिष्णुता
Modernization अभिनवीकरण
Modification संपरिवर्तन, संशोधन
Motor चलित्र
Motor car गत्री
Mud gun पकगन

N

National Metallurgical Laboratory राष्ट्रीय धातुकीय अनुसंधानशाला
Native metal आदि धातु
Natural agencies प्राकृतिक शक्तियाँ
Naval armament नावीय योधन सज्जा
Negative नास्ति
Nick खाँचा
Nipple चूचुक
Normalization सामान्यीकरण
Nozzle प्रोथ

O

Octahedral अष्ट फलकीय
Off पृथक्
Oil तेल
On लग्न
Opaque अपारदर्शी
Open विवृत
Opening मुख, विवर
Operation प्रकार्य, उपक्रम
Opposite अभिमुख
Optical काशिकीय, प्रकाशीय
Ordinate कोटि
Ordnance आयुध
Ore ओर, सुखनिज, अयस्क
Organic जैव
Orientation अनुस्थापन
Oscilloscope दोलन लेखी
Outlet निष्क्रमण
Output प्रदा
Oven ओवन
Overlapping अतिछादन
Oxidation आक्सीकरण
Oxide आक्साइड, ओषिद

P

Pack पैक, संवेष्टन
Pad तल्प
Passage दर, पारण
Pasty लेपी
Patch सिघ्म
Pattern प्रतिक्रम, प्रतिरूप
Perfection पूर्णता

Periodic Table आवर्त्त सारणी
Peritectic परिद्रवण
Permeability भेद्यता
Phase कला
Phenomena परिवृत्त
Photo cell प्रकाश सेल
Physics भौतिकी
Pickle अम्ल मार्जन
Pigging पिगन
Pig Iron पिग लोह
Pillar स्तंभ
Pipe पाइप, नाड
Pit side अवपातक
Plane समतल, समित्र
Plant पादप, सयन्त्र
Plastic प्लास्टिक, सुघट्य
Plate पट्ट
Platform मंचक, मच
Plot आलेखन
Plug निग
Plunger मज्जक
Pneumatic वातीय
Pointed कंटाग्र
Polyhedral बहुतलीय
Pool आशय, पल्वल
Porosity सुषिरत्व
Porous रंध्री
Port पोर्ट
Possessing high speed वेगस्वी
Potential (energy) वर्चसीय, स्थितिज
Powder (क्षोद) चूर्ण
Power तरस्व
Power alcohol शक्ति मद्यसार
Power consumption तरस्व विनियोग
Practical व्यवहार्य, प्रत्यक्ष
Practice वृत्ति
Precipitate परिपात, अवक्षेप
Precipitation परिपातन
Preparation of charge चार्ज का सज्जन
Press पीड
Pressing पीडन
Pressure प्रेरण, दबाव
Pressure weld दबाव वेल्ड
Primary प्राथमिक
Primary current प्राथमिक धारा
Print मुद्र
Process विधि
Production उत्पादन
Protection त्राण
Puddling process प्रधूनन विधि
Pulsation स्पन्दन

Pump उदंच, न्यच
Purification पूतीकरण

Q

Quality अर्हता
Quartz स्फटिक, बिल्लौरी पत्थर
Quench बुझाना, निर्वापण

R

Radio active रेडियो, सक्रिय, तेजोद्गिरण
Radiography किरणी लेखन
Rake किरण, सकिर
Ram कूटना, मूषल
Range परास, परिसर
Rearrangement पुनर्विन्यास
Rebound उत्प्लवन
Recalesence पुनर्दीप्तन
Recarburization पुनर्कार्बनन
Reciprocating व्युत्क्रमिक
Record अभिलेखन
Recovery प्रत्यादान, पुनर्ग्रहण
Recuperate पुनरापण
Recuperator पुनराप्त्र
Reduction लघ्वन, अवकरण, अपचयन, लघ्वीकरण
Reel वेल्ल, गिट्टी
Refinery शोधनी, परिष्करणी
Refining शोधन
Reflect परावर्त
Regeneration पुनर्जनन
Regulate यमन, नियमन
Relieve लघूयन, हल्का, उन्मोचनक
Removable अपनेय
Repel प्रतिकर्षित
Rephosphorization पुनःस्फुरण, पुन.फास्फ़रन
Replace प्रतिस्थापन
Reproducible पुनरुत्पाद्य
Research गवेषणा
Residual Silicon शेष सिलिकन
Resistance रोध, रोधन
Retardation विजवन
Rim प्रधि
Ring shaped वलयाकार
Roasting जारण
Rotation घूणन, परिभ्रमण
Runner धावक
Rusting क्षारण, मोर्चा लगना

S

Sample न्यादर्श
Saturate सतृप्त
Scab स्कैब, खर्जु
Scale मापनी
Scrap क्षेप्य
Scratch आखुरण

Seal समुद्रण
Seam सीवन
Seamless असीवन
Secondary द्वितीयक, गौण
Secondary current परिवर्ती धारा
Sedimentation निसादन
Segregation एकत्रन
Selection प्रवरण
Semi-killed अर्धहत
Semi-steel अर्ध इस्पात
Sensible heat सवेद्य उष्मा
Separation विलगन, विलगकरण
Separator विलगकर्त्ता, विलगकारक, विलगकारी, वियुक्तक
Series श्रेणी
Shaft चानक, (ईपा)
Shape आकार
Sharpner उत्तिज
Shell कर्पर
Shells कवच
Shield परिरक्षक, कवच
Shock आघात, धक्का
Shrinkage आकुचन
Siesmograph भूकम्प लिख
Signal संकेत
Single sheer steel एकभाजित इस्पात
Sinter साद, सपुज
Size परिमा
Skeleton पजर
Skelp स्केल्प
Skim काछना
Skip स्किप
Skull करोटि
Slide सृप
Smelting प्रद्रावण
Soldering सोल्डरन, टॉकन
Solidification सपिंडन, सान्द्रीकरण
Solidus सपिंडक
Solute विलेय
Solution विलयन
Source स्रोत
Specification विशिषिका
Specimen प्रादर्श
Spectroscope वर्णक्रमदर्शी
Speed जव, चाल
Spheroidization गोलाभन
Sponge सुषिर, सां
Spoon test स्रुव परीक्षण
Spout ओष्ठ
Spray शीकरन
Spring स्कन्द (कमानी)
Sprinkle सेचन
Stability स्थैर्य

Stage पद, चरण, प्रक्रम
Stainless steel अकलुष इस्पात, निष्कलक इस्पात
Standard प्रतिमान, प्रमाप
Standardization प्रमापण
Standardized प्रतिमानित
Station स्थात्र
Statistics सख्यायन, सांख्यिकी
Status प्रास्थिति
Steam Turbine वाष्प परीवर्त
Stick निर्यासन
Stiffness कड़ापन
Stirring विलोडन
Stock सचय
Stopper rod विराम दड
Strain विकार, आयास
Stratified प्रस्तरीभूत, स्तरीभूत
Strip पट्टी
Stripping अपखडन
Structure बनावट, रचिति, सरचना, विन्यास
Sublimation सप्लवन, ऊर्ध्वपातन
Subsidence अधोगमन
Sub surface अधस्तल
Successive पूर्वापर
Sulphide सल्फाइड, गंधकीय
Super-heated अति तप्त
Super-sonic कर्णातीत
Supply सभरण
Surface tension तलतनाव
Survey सर्वेक्षण
Suspended निलवित
Swirling घुमावदार
Synthesis सश्लेषण
System सहृति

T

Tap त्रोटि
Tar तारकोल
Technical प्राविधिक, प्रौद्योगिक
Technique प्रविधि
Teem ढलन, प्रपूरण अवपातन
Tempering टेम्परिग
Tensile strength तन्य बल, वितान बल
Test परीक्षण
Tilting अभ्यानम्य
Tin वग, त्रपु
Titration अनुमापन
Tool औजार
Top उद्ध, शीर्ष
Toughness चर्मलता
Tower प्रस्थाणु
Transformation point परिवर्त बिन्दु, रूपान्तर बिन्दु

Transformer ट्रान्सफार्मर, परिणामक
Transition period सक्रमण काल
Transmission प्रेषण
Treatment उपचार
Trickle आश्चोतन
Triplexing त्रियोगन, त्रैधन
Trumpet तुरही
Trunnion ट्रनियन, विवर्ता
Turbulent velocity आकुल प्रवेग
Tuyere वायुनल, क्षिप
Type प्रकार

U

Ultraviolet पारजम्बु
Underground अधःस्थल
Upgrading उन्नयन
Uphill ऊर्ध्वग

V

Vacuum निर्वात
Valve वाल्व
Vaporize वाष्पित करना
Variation विचरण
Velocity प्रवेग
Vertebrate पृष्ठवशी
Vertical उदग्र
Vertically ऊर्ध्वाधरतः
Vibration स्पन्दन
Viscous सुस्यन्द, श्यान
Volatile matter वाष्पशील पदार्थ, सुवाष्पी पदार्थ
Voltage वोल्टता
Volume आयतन

W

Warp टेढा होना
Water of crystallization मणिभीकरण का पानी
Wear and tear विघर्षण और दारण
Welded joint विलायित सधि, संधानित जोड
Welding सधान
Wild उग्र
Winch विन्च
Workable खननयोग्य, खननीय
Works कर्मक
Wrinkled वलित
Wrought Iron पिटवाँ लोह

Y

Yield लब्धि
Yield point यन्य बिन्दु

Z

Zone प्रदेश, मंडल
Zoology प्राणिकी

अनुक्रमणिका